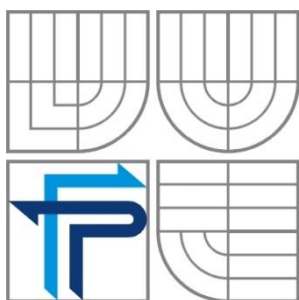


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA PODNIKATELSKÁ

ÚSTAV MANAGEMENTU

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

INSTITUTE OF MANAGEMENT

OPTIMALIZACE MATERIÁLOVÉHO TOKU

VE VÝROBNÍ SPOLEČNOSTI

OPTIMIZATION OF MATERIAL FLOW IN A MANUFACTURING COMPANY

BAKALÁRSKA PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

NOVAKOV IVAN

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. MATÚŠ VARJAN

BRNO 2013

Tato verze bakalářské práce je zkrácená (dle Směrnice děkana č. 2/2013). Neobsahuje identifikaci subjektu, u kterého byla bakalářská práce zpracována (dále jen „dotčený subjekt“) a dále informace, které jsou dle rozhodnutí dotčeného subjektu jeho obchodním tajemstvím či utajovanými informacemi.

ZADÁNÍ BAKALÁRSKÉ PRÁCE

Novakov Ivan

Ekonomika a procesní management (6208R161)

Reditel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách, Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně a Směrnicí dekana pro realizaci bakalářských a magisterských studijních programů zadává bakalářskou práci s názvem:

Optimalizace materiálového toku ve výrobní společnosti

v anglickém jazyce:

Optimization of Material Flow in a Manufacturing Company

Pokyny pro vypracování:

Úvod

Cíl a metodika práce

Teoretická východiska práce

Analýza současného stavu společnosti Emerson

Návrhy na zlepšení vybraného dílčího procesu výroby

Technicko-ekonomické zhodnocení

Závěr

Seznam odborné literatury:

HLAVENKA, Bohumil. Projektování výrobních systému: technologické projekty I. Vyd. 3. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005, 197 s. ISBN 80-214-2871-6.

MILO, Peter. Technologické projektovanie v praxi. 2., dopl. vyd. Bratislava: Alfa, 1990, 399 s.

Edícia strojárскеj literatúry. ISBN 80-050-0103-7.

RUMÍŠEK, Pavel. Technologické projekty. 1. vyd. Brno: VUT Brno, 1991, 185 s. ISBN 80-214-0385-3.

VIGNER, Miloslav, Mirko KRÁL a Antonín ZELENKA. Metodika projektování výrobních procesu. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984, 588 s.

ZELENKA, Antonín a Mirko KRÁL. Projektování výrobních systému. Vyd. 1. Praha: CVUT, 1995, 365 s. ISBN 80-010-1302-2.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Matúš Varjan

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

L.S.

prof. Ing. Vojtech Koráb, Dr., MBA

Ředitel ústavu

doc. Ing. et Ing. Stanislav Škapa, Ph.D.

Dekan fakulty

V Brně, dne 25.3.2013

ABSTRAKT

Bakalárska práca spracováva optimalizáciu materiálového toku vo výrobnej spoločnosti. Práca popisuje, na základe znalosti z odbornej literatúry, materiálový tok, základné pojmy súvisiace s materiálovým tokom, metódy Kanban, Conwip a základné metódy skladovania. V nasledujúcej časti je práca zameraná na analýzu súčasného stavu konkrétneho produktu, možné návrhy optimalizácie a ich dopad z technicko-ekonomického hľadiska.

KEĽÚČOVÉ SLOVÁ

Optimalizácia, materiálový tok, výrobný proces.

ABSTRACT

Bachelor thesis handles the optimization of material flow in manufacturing company. This thesis describes, based on knowledge of literature, material flow, basic concepts related to the flow of materials, methods Kanban, Conwip and basic methods of storage. The following section is focused on the analysis of the current state of a particular product, optimization possibilities and their impact on technical and economic point of view.

KEY WORDS

Optimization, material flow, manufacturing process.

BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA

NOVAKOV, I. *Optimalizácia materiálového toku vo výrobnej spoločnosti*. Brno: Vysoké učení technické v Brne, Fakulta podnikatelská, 2013. 61 s. Vedúci bakalárskej práce Ing. Matúš Varjan.

PREHLÁSENIE

Prehlasujem, že predložená bakalárska práca je pôvodná a samostatne spracovaná na základe odbornej literatúry a s pomocou vedúceho bakalárskej práce. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že vo svojej práci som neporušil autorské práva (v zmysle Zákona č. 121/2000 Sb., o práve autorskom a o práve súvisiacim s právom autorským).

Dátum 30.5.2013

.....

POĎAKOVANIE

Pán Ing. Matúš Varjan, ďakujem Vám za poskytnuté rady, komentáre a pripomienky vedúce k vypracovaniu bakalárskej práce. Ďakujem pánovi Ing. Patrikovi Horníkovi, pánovi Ing. Stanislavovi Valentovi a celej divízii Branson - Emerson a.s., za poskytnuté informácie. Ďakujem tiež patrí mojim rodičom a mojej priateľke za všetku podporu, ktorú mi počas štúdia venovali.

Ďakujem.

OBSAH

Úvod	- 9 -
1 Cieľ a metodika práce	- 10 -
1.1 Cieľ práce	- 10 -
1.2 Metodika práce	- 10 -
2 Teoretické východiská práce.....	- 11 -
2.1 Výrobný proces.....	- 11 -
2.2 Členenie výrobného procesu	- 12 -
2.3 Usporiadanie pracovísk	- 12 -
2.3.1 Základné štrukturálne schémy usporiadania pracovísk.....	- 13 -
2.3.2 Voľné usporiadanie	- 13 -
2.3.3 Technologické usporiadanie.....	- 13 -
2.3.4 Predmetné usporiadanie	- 14 -
2.3.5 Modulárne usporiadanie	- 15 -
2.3.6 Bunkové usporiadanie	- 15 -
2.4 Metódy a pomôcky rozmiestňovania pracovísk	- 16 -
2.4.1 Metóda CRAFT	- 16 -
2.4.2 Metóda ťažiska	- 16 -
2.4.3 Trojuholníková metóda	- 16 -
2.4.4 Kruhová metóda	- 17 -
2.4.5 Metóda súradníc	- 18 -
2.4.6 Experimentálna metóda.....	- 18 -
2.5 Spôsoby riadenia zásob	- 19 -
2.5.1 Princíp ťahu a tlaku	- 19 -
2.5.2 Metóda Just-In-Time	- 19 -
2.5.3 Kanban systém	- 20 -
2.5.4 Conwip systém	- 20 -
2.5.5 FIFO	- 21 -
2.5.6 LIFO	- 21 -
2.5.7 Metóda ABC	- 22 -
2.6 Metódy hodnotenia materiálového toku	- 22 -
2.6.1 P-Q diagram	- 22 -
2.6.2 Sankeyov diagram	- 23 -

2.6.3	Pareto diagram.....	- 23 -
2.6.4	Gantt diagram.....	- 24 -
2.7	Materiálový tok.....	- 25 -
2.8	Informačný tok	- 25 -
3	Analýza súčasného stavu spoločnosti	- 27 -
3.1	Predstavenie firmy	- 28 -
3.2	Zariadenie	- 30 -
3.2.1	Nástroj	- 31 -
3.3	Etapy výroby zariadenia/nástroja	- 33 -
3.3.1	Materiálový tok podstavovej dosky dolného nástroja.....	- 34 -
3.3.2	Materiálový tok lôžka horného nástroja s odlievaním	- 36 -
3.4	Projekt.....	- 37 -
3.5	Analýza chýb a prestojov	- 41 -
3.5.1	Horný nástroj.....	- 41 -
3.5.2	Dolný nástroj	- 41 -
3.6	Zhodnotenie analýzy súčasného stavu.....	- 45 -
4	Návrhy na zlepšenie vybranej časti výrobného procesu	- 46 -
4.1	Všeobecné hľadisko.....	- 46 -
4.2	Návrh bez finančnej investície	- 47 -
4.2.1	Relevancia dielov	- 48 -
4.3	Návrh s finančnou investíciou	- 49 -
4.3.1	5-osé obrábacie centrum – finančná investícia	- 49 -
5	Technicko–ekonomické zhodnotenie.....	- 50 -
5.1.1	Relevancia dielov	- 50 -
5.1.2	5-osé obrábacie centrum.....	- 53 -
5.2	Zhodnotenie relevancie dielov a 5-osého obrábacieho centra.....	- 55 -
5.2.1	Relevancia dielov	- 55 -
5.2.2	5-osé obrábacie centrum.....	- 56 -
6	Záver	- 58 -
	ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV	- 59 -
	ZOZNAM PRÍLOH.....	- 61 -

Úvod

Základom prospešnej existencie je sebarealizácia, schopnosť myslieť progresívne, sofistikovane a jednať efektívne. Dôležitú úlohu zohrávajú teoretické poznatky, avšak dôležitejšou a hlavne zložitejšou úlohou, sa stáva práve ich správna aplikácia v danom okamihu na daný problém.

Súčasný trendy nútia výrobné odvetvia sústredovať pozornosť na technologické zdokonaľovanie výrobných procesov, pre zachovanie konkurencieschopnosti, optimalizovaním či zdokonaľovaním všetkých interných, ale i externých tokov. Pravidelne prichádzajúce ekonomické zmeny, z hľadiska firmy môžeme považovať za preverenie húževnatosti a flexibility vedenia, jeho schopnosť udržať podnik konkurencieschopný, respektíve aké kroky musí podniknúť aby si podnik zachoval svoju trhovú hodnotu.

Táto bakalárska práca je zameraná na meranie konkrétneho projektu v rámci výroby spoločnosti. Podnik vyrába predovšetkým zvaracie zariadenia a nástroje na zvaranie.

Teoretická časť práce je zameraná na základné pojmy súvisiace s problematikou obsiahnutou v práci. Popisuje metódy analyzovania a riešenia danej problematiky, ktoré budú výstupom pre analytickú časť. Pomocou osvedčených nástrojov hodnotenia toku materiálu, bude vypracovaná analýza súčasného stavu. Súčasťou tejto časti práce je aj analýza chýb priamo súvisiacich s výrobou projektu.

V poskytnutých návrhoch práca ponúkne vhodné riešenia na efektívne zníženie chýb a prestojov, na ktoré nadviaže technicko-ekonomické zhodnotenie. V zhodnotení budú do návrhov aplikované reálne hodnoty, z ktorých budú vyčíslené úspory pre lepšie zobrazenie efektívnosti zvoleného nástroja optimalizácie.

Spoločnosť považuje výrobu daných projektov za svoju tzv. „hudbu budúcnosti“. Preto verím, že kombinácia nadobudnutých vedomostí z doterajšieho štúdia, racionálneho zmýšľania a zainteresovanosti v danej problematike, bude nápomocná pri riešení problémov. Toto vynaložené úsilie vložené do bakalárskej práce nájde aplikačné uplatnenie pri výrobe zariadení a nástrojov.

1 Cieľ a metodika práce

1.1 Cieľ práce

Cieľom tejto práce je znížiť náklady vo zvolenom výrobnom procese, za pomoci náležitej optimalizácie.

1.2 Metodika práce

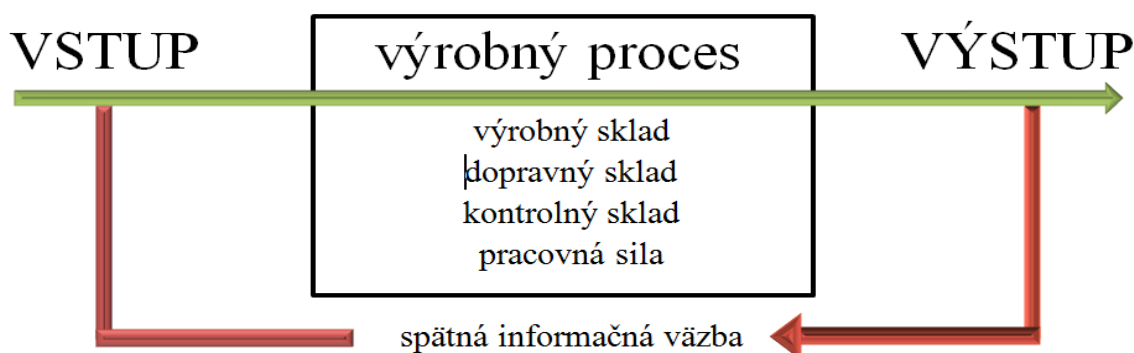
K vytýčenému cieľu vedie postupná cesta za pomoci aplikácie rôznych metodík, empirických nástrojov a iných pomôcok aplikovaných na danú problematiku. Teoretické poznatky, mapovanie procesu pomocou Ganttového diagramu, Paretova analýza príčin, porovnávanie reálneho stavu s plánovaným a iné metodiky využíva táto bakalárska práca ako podklad pre dosiahnutie stanoveného cieľa.

2 Teoretické východiská práce

2.1 Výrobný proces

Výrobný proces je dej (Obr. 1), pri ktorom sa mení pracovný predmet (vstup – surovina, polotovary, atď.) na hotový výrobok (výstup). Premena pracovných predmetov na hotový výrobok prebieha za spoluúčasti biologických činiteľov [1]:

- ľudská práca,
- pracovné prostriedky.



Obr. 1: Výrobný proces.

Zdroj: Upravené podľa [2, s.12]

„Výrobný proces je uskutočňovaný prostredníctvom výrobných systémov, ktorých samostatnosť je podmienená existenciou a vzájomným pôsobením rady faktorov.“ [3, s.19]

Výrobný proces je súhrn pracovných, technologických a prírodných procesov, pomocou ktorých sa mení tvar, zloženie, akosť, prípadným spojením (pevný stav) alebo zlúčením (tekutý stav), nadobúda spracovávaný prvok úžitkovú hodnotu. Začína sa vložением materiálu do výroby a koniec nastáva v momente odoslania hotových výrobkov spotrebiteľovi. [3]

Úžitková hodnota je vlastnosť uspokojujúca určité potreby, buď ako predmet osobnej spotreby alebo ako výrobný prostriedok. [4]

2.2 Členenie výrobného procesu

Členenie výrobného procesu rozdeľujeme na :

- podľa charakteru zložiek,
- podľa vzťahu k výrobku,
- podľa vzťahu k výrobnému programu. [3]

a) Výrobný proces podľa charakteru zložiek

Proces podľa charakteru zložiek delíme na **technologický proces**, ktorý môžeme definovať, ako súhrn činností na seba nadväzujúcich operácií v usporiadanom čase, ktoré menia stav spracovávaného prvku a **pracovný proces**, ako súhrn činností vykonávaných pracovnou silou s pomocou pracovných prostriedkov. [3]

b) Výrobný proces podľa vzťahu k výrobku

Výrobný proces z hľadiska vzťahu k výrobku rozdeľujeme na **hlavný výrobný proces**, ktorý zahŕňa hlavné technologické činnosti ktoré menia stav prvku a sú určené na expedíciu. **Pomocný výrobný proces** mení stav spracovávaného prvku, avšak neprechádza do hotových výrobkov určených na expedíciu (výroba nástrojov, prípravkov atď.). **Vedľajší výrobný proces** je zabezpečenie výroby z celkového hľadiska podniku, napr. dodávku energií, manipulácia s materiálom, expedícia atď. [3]

c) Výrobný proces podľa vzťahu k výrobnému programu

Hlavnú výrobu tvorí základný výrobný program, ktorý je definovaný špecializáciou podniku, je primárnym podkladom pre určenie kapacity podniku a pre určenie výrobného profilu. **Doplňková výroba** slúži na efektívnejšie využitie kapacít výrobných plôch, výrobných zariadení a materiálu. **Pridruženou výrobou** rozumieme napríklad spracovanie vyprodukovaného odpadu z výroby primárneho výrobku. [3]

2.3 Usporiadanie pracovísk

Usporiadanie pracovísk ako jeden z kľúčových aspektov pre dosahovanie lepších výsledkov. Od usporiadania pracoviska sa odvíjajú mnohé nasledujúce deje, zapríčiňujúce pozitívny, či negatívny chod výroby.

„Spracovanie optimálneho rozmiestnenia strojov, zariadení a pracovísk je najhlavnejšou časťou technologického projektovania.“ [5, s.110]

Usporiadanie pracoviska zabezpečujú nasledovné aspekty [5]:

- efektívnosť výroby,
- jednoduché riadenie,
- minimálnu medzioperačnú prepravu,
- bezpečnostné predpisy,
- hygienu a kultúru pracovného prostredia,
- šetrenie výrobných plochy.

2.3.1 Základné štrukturálne schémy usporiadania pracovísk

Základné štrukturálne schémy usporiadania pracovísk vo výrobe poznáme nasledovné [5]:

- voľné,
- technologické,
- predmetné,
- modulárne,
- bunkové.

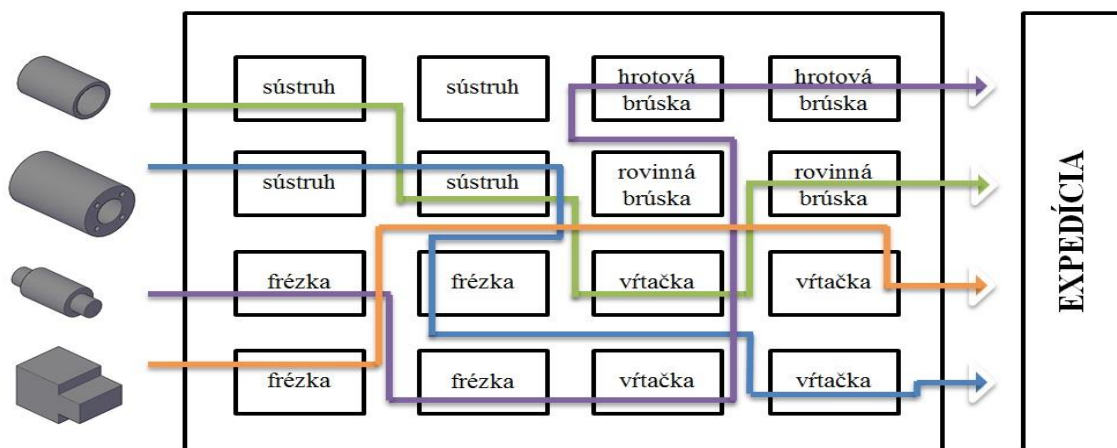
2.3.2 Voľné usporiadanie

Náhodné usporiadanie strojov a pracovísk sa používa predovšetkým v podniku, v ktorom nemožno vopred určiť alebo odhadnúť materiálový tok, nadväznosť operácií, organizačné a riadiace vzťahy. Využitie tohto usporiadania je predovšetkým v prevádzkach s kusovou výrobou, no v súčasnosti sa upúšťa od tohto usporiadania. Nevýhodou tohto usporiadania je zložitý systém toku objektov technologického spracovania medzi jednotlivými strojmi a pracoviskami. [5]

2.3.3 Technologické usporiadanie

Technologické usporiadanie (Obr. 2) je zoskupenie rovnakých druhov strojov bez ohľadu na materiálový tok. Uplatnenie tohto typu usporiadania nachádzame v kusovej alebo malosériovej výrobe, pretože pri širokom spektre vyrábaných súčiastok nemožno usporiadať stroje podľa materiálového toku. Komplikovaný tok materiálu zvyšuje nároky na medzioperačný presun. Výhody pri zoskupovaní rovnakých typov strojov sú nasledovné [5]:

- zavedenie obsluhy viacerých strojov súčasne, predovšetkým stroje s dlhými operačnými časmi,
- zníženie potreby nástrojového vybavenia (zveráky, otočné stoly, atď.),
- šetrenie pomocných pracovných síl a zjednodušenie práce nastavovačov,
- toto usporiadanie lepšie využíva výrobnú plochu dielne.



Obr. 2: Zlož. mat. tok pri technologickom usporiadaní pracovísk.

Zdroj: Upravené podľa [6]

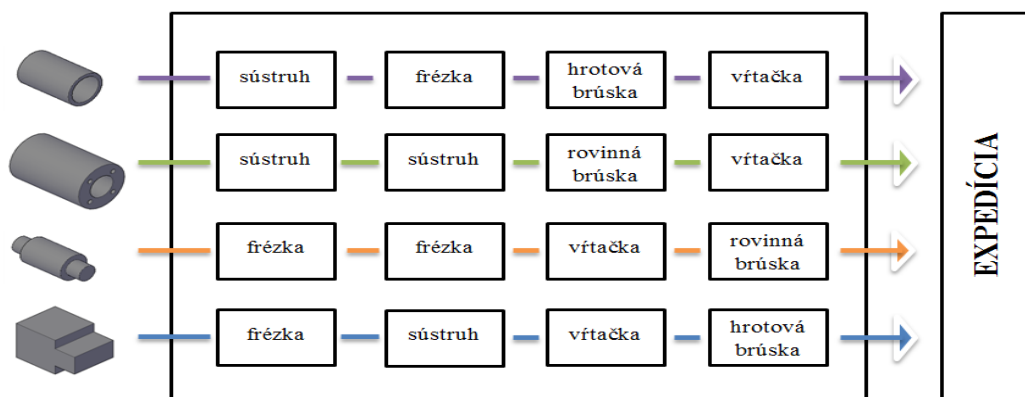
2.3.4 Predmetné usporiadanie

Predmetné usporiadanie (Obr. 3) nachádza využitie pri opakovaných malých sériách a pri vyššej sériovej výrobe. Charakteristikou usporiadania je sledovanie materiálového toku v závislosti od postupnosti operácií.

„Ak projektant v spolupráci s technológom vie vhodne určiť skupinu podobných súčiastok, ktoré vyťažujú potrebné strojové zariadenia pri ich výrobe v priemere aspoň na 80 až 90 percent, stroje a pracoviská sa usporiadajú do linky. Výrobná linka je najdokonalejším typom predmetového usporiadania strojov, kde sa dá dosiahnuť najvyšší stupeň organizácie výrobného procesu – prúdová forma.“ [5, s.112]

Výhody tohto usporiadania sú nasledovné [5]:

- skrátenie medzioperačných časov,
- obmedzenie pohybu materiálu v dielni,
- zníženie rozpracovanosti výroby (odstránenie medziskladu),
- úspora pomocných pracovníkov.



Obr. 3: Materiálový tok pre predmetové usporiadanie.

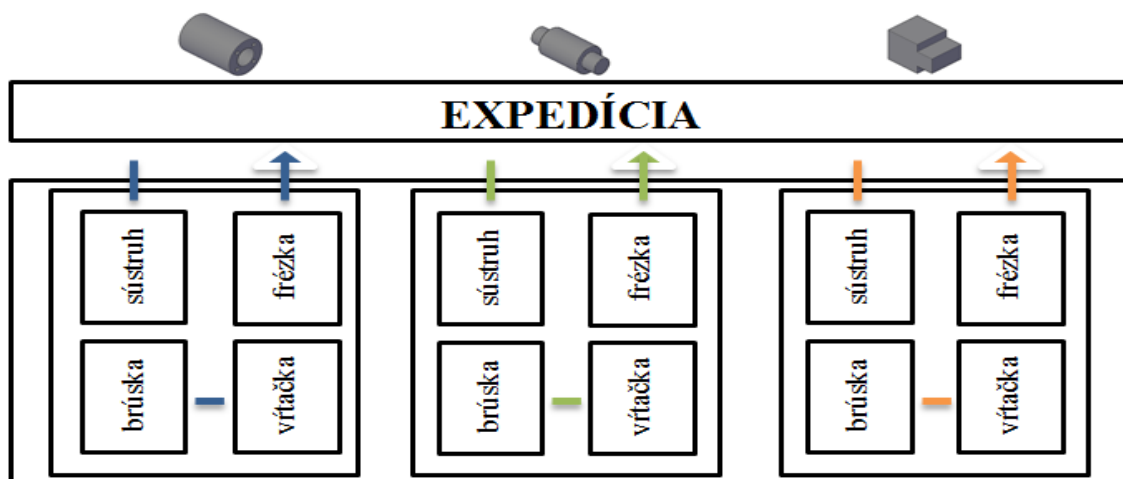
Zdroj: Upravené podľa [6]

2.3.5 Modulárne usporiadanie

Modulárne usporiadanie spočíva v zoskupovaní rovnakých technologických blokov. Ako príklad možno uviesť zavedenie NC strojov alebo obrábacích centier v klasickej dielni. Prioritou tohto usporiadania je pripravenosť zákaziek, náradia, nástrojov, obsadenie pracovníkmi. Zavedenie tohto typu je finančne náročné ale vysoko produktívne. [5]

2.3.6 Bunkové usporiadanie

Štruktúra bunkového usporiadania (Obr. 4) je odvodená od klasifikácie objektov výroby a navrhnutá na základe spracovanej štandardizovanej technológie. Zoskupenie pracovísk, jeho trvalé využitie je podmienené prácou podľa skupinových technologických postupov. [5]



Obr. 4: Výr. proces podľa bunkového usporiadania pracoviska.

Zdroj: Upravené podľa [6]

2.4 Metódy a pomôcky rozmiestňovania pracovísk

K optimalizovaní vo výrobe neodmysliteľne patria rôzne metódy a pomôcky pri rozmiestňovaní pracovísk. Nasledujúce rozdelenie uvádza niekoľko z nich.

Rozdelenie [3]:

- Metóda CRAFT,
- Metóda ťažiska,
- Trojuholníková metóda,
- Kruhová metóda,
- Metóda súradníc.

2.4.1 Metóda CRAFT

Cieľom tejto metódy je nájsť polohu prvkov, ktorá bude v konečnom dôsledku vykazovať najväčšiu ekonomickú efektivitu. Prioritou je rozmiestnenie strojov a ručných pracovísk, pri ktorom budú minimálne náklady na prepravu a manipuláciu.

„Náklady pri ľubovoľnom rozmiestnení prvkov sa usporiadajú do matice, podľa určeného algoritmu sa výpočtom hľadá najvhodnejšie vzájomné usporiadanie, pri ktorom sú náklady najnižšie.“ [5, s.117]

Aby realizácia riešenia bola ekonomicky výhodná, musí efekt dosiahnutý lepším rozmiestnením prvkov prevyšovať náklady na ich premiestnenie. [5]

2.4.2 Metóda ťažiska

Podľa metódy ťažiska sa údaje pre výpočet usporiadajú do tabuľky nasledovne: do stĺpcov sa zapisujú jednotlivé pracoviská, v riadku sú zapísané vykonávané činnosti, najčastejšie operácie podľa technologického postupu. Počet operácií najzložitejšej súčiastky sa rovná počtu riadkov. Zapisujeme do nich hmotnosť materiálu a kusové časy. Pri prehodnocovaní rozmiestnenia pracovísk sa považujú hmotnosti za rovnobežné sily a jednotlivé riadky za ramená týchto síl. Pre optimálne rozmiestnenie hľadáme absolútne hodnoty momentov pre každé pracovisko najmenšie. [5]

2.4.3 Trojuholníková metóda

Projektant pri trojuholníkovej metóde vychádza z pevnosti väzby medzi jednotlivými pracoviskami. Pevnosť väzby môže byť daná, celkovou hmotnosťou

prepravovaných súčiastok medzi pracoviskami za časovú jednotku, celkovým počtom prepravovaných kusov medzi pracoviskami alebo celkovým počtom po sebe nasledujúcich operácií medzi jednotlivými pracoviskami. Princíp spočíva v hľadaní najkratšieho spojenia priamkou medzi dvoma objektmi spojenými určitou väzbou. Pri troch objektoch najkratšie spojenie vznikne po stranách trojuholníka, ktorého vrcholy tvoria objekty. Pripojenie štvrtého a ďalších objektov sa realizuje k dvom objektom, ku ktorým má najpevnejšiu väzbu. Pri tejto metóde sa vychádza z údajov zo šachovnicovej tabuľky: hmotnosti, kusy alebo po sebe nasledujúce operácie. Výpočet pomocou trojuholníkovej metódy znázorňuje Obr. 5. [5]

1.krok					
Kam	A	B	C	D	súčet
Odkiaľ					
A	X	400 -5	408 -3		808
B		X	405 -4	549 -2	954
C			X	748 -1	748
D				X	2 510

2.krok				
Poradie	1	2	3	4
Odosielateľ	C	B	A	B
Odberateľ	D	D	C	C

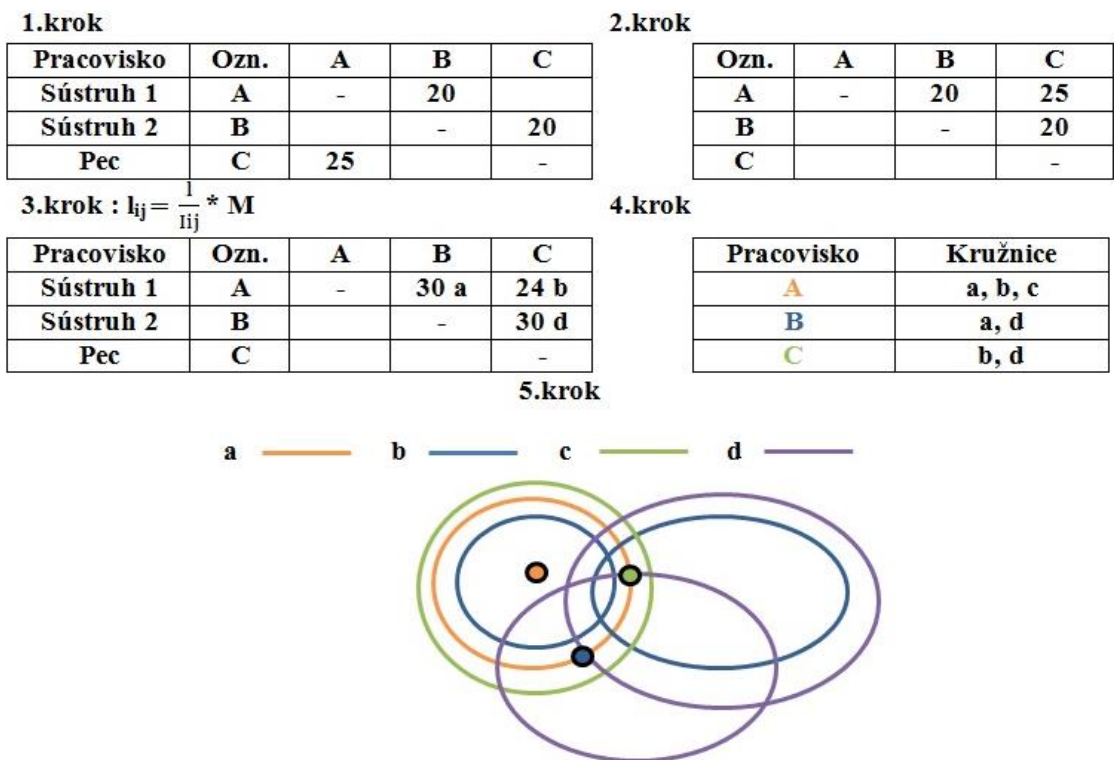
3.krok

Obr. 5: Trojuholníková metóda.

Zdroj: Upravené podľa [6]

2.4.4 Kruhová metóda

Podstatou kruhovej metódy (Obr. 6) je výpočet minima funkcie prepravných nákladov v závislosti od celkovej prepravnej vzdialenosti. Využíva hodnoty zo šachovnicovej tabuľky dopravných vzťahov medzi riešenými objektmi. Náklady na dopravu závisia od prepravnej vzdialenosti a od prepravovaného množstva. Ak je prepravované množstvo považované za konštantu, hľadá sa minimum prepravnej vzdialenosti. Pri využívaní metódy vychádzame z faktu, že budúca plocha pre rozmiestnenie objektov má tvar kruhu s polomerom r_i , kde $i = 1, 2, \dots, n$ = počet objektov. V praxi sa používajú priesvitné fólie, na ktoré sú vynesené kružnice s polomerom r_i , ktoré sa ukladajú tak, aby sa zistili najmenšie vzdialenosti vzhľadom na prepravované množstvá. [5]



Obr. 6: Kruhová metóda.

Zdroj: Upravené podľa [6]

2.4.5 Metóda súradníc

Prednosťou tejto metódy je univerzálne použitie pri hľadaní najvhodnejšieho umiestnenia pre centrálny objekt, ktorý má silné vzťahy k viacerým objektom. Matematicko-grafický princíp spočíva v zostrojení súradnicovej siete tak, aby všetky existujúce objekty boli v zodpovedajúcej mierke vyznačené v kvadrante vytvorenom osami x a y. Ak súčiniteľ prepravovanej hmotnosti označíme q_i , potom sú výsledkom riešenia súradnice X, Y, pri ktorých je najnižšia hodnota vzťahov $\sum x_i * q_i$ a $\sum y_i * q_i$. [5]

2.4.6 Experimentálna metóda

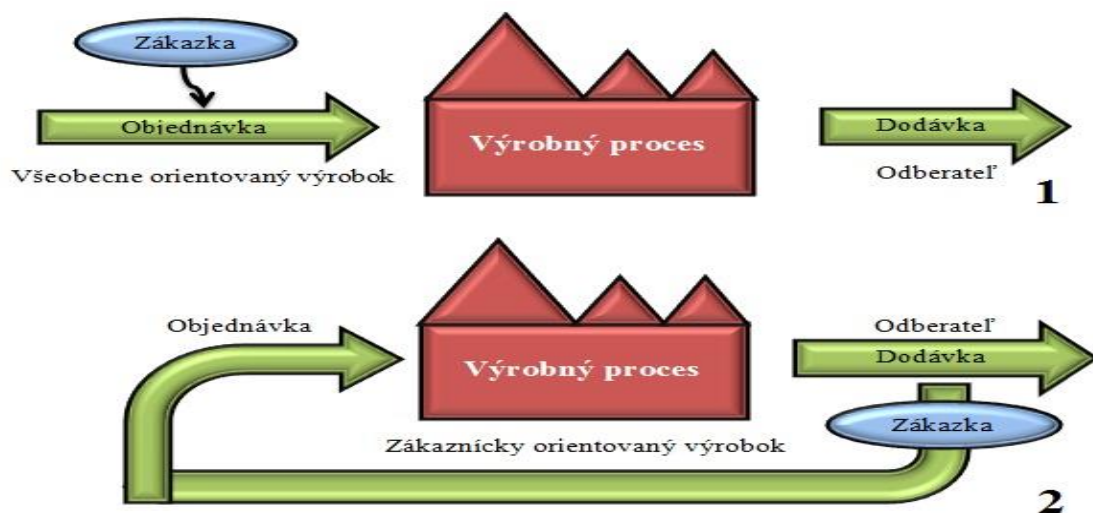
Experimentálna metóda spočíva v riešení určitého problému pokusom. Zámenou rôznych činiteľov a podmienok pokusu sa overuje ich vplyv na skúmaný proces, po vyhodnotení sa vyberá najlepší zo skúšaných spôsobov. Uplatnenie nachádza pri malom počte exaktných údajov alebo ak sa problém nedá matematicky formulovať pri projektovaní kusovej výroby, pri rozvrhovaní skúšobných, vývojových či pokusných pracovísk. [5]

2.5 Spôsoby riadenia zásob

Spôsoby riadenia zásob v podniku zohrávajú dôležitú úlohu. Vzhľadom na to, že zásoby viažu kapitál je potrebné s nimi efektívne pracovať. Jednotlivé metódy riadenia zásob sú uvedené nižšie.

2.5.1 Princíp ťahu a tlaku

Tradičný princíp zásobovania vychádza z odhadu predaja. Podľa toho sa plánuje výroba a určuje zásoba. Z dôvodu neistoty však môže byť zásoba príliš vysoká, čo môže viesť k neefektívnemu hospodáreniu, keďže zásoby viažu kapitál. Pri tomto spôsobe hovoríme o princípe tlaku, pretože produkt je tlačенý k zákazníkovi. Princíp ťahu spočíva v tom, že sa vyrába len predané množstvo na objednávku, zásoby sú minimálne (na udržanie určitej miery flexibility pri výkyvoch objednávok). Zákazník si produkt k sebe „ťahá“ – vid' obr. 7. Znázornenie zásobovania poskytuje obrázok 7. [7]



Obr. 7: Princíp tlaku – 1, princíp ťahu - 2.

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [8]

2.5.2 Metóda Just-In-Time

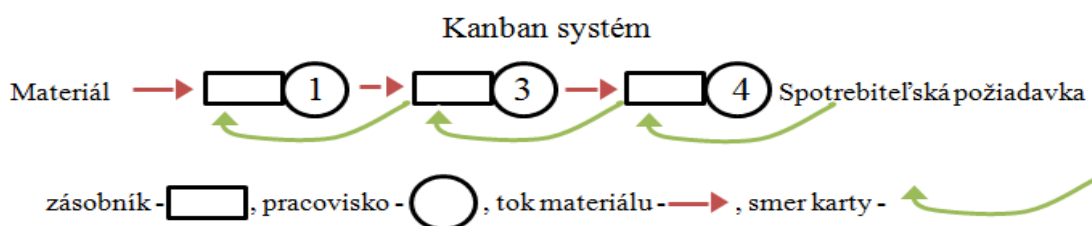
Táto metóda Just-in-Time bola pôvodne zavedená v spoločnosti Toyota, odkedy bola tiež označovaná ako Toyota Production System. Prioritou tejto metódy je koordinovanosť medzi dodávateľom a na druhej strane odberateľom, na úrovni minimálnych zásob a zároveň maximálnej kvality. [9]

Taiichi Ohno, bývalý viceprezident spoločnosti Toyota, bol na začiatku zavedenia konceptu Just-In-Time riadenia výroby, ktorý obsahuje myšlienku: „*Only what is needed, when it is needed, and in the amount needed*“ [10], ktorú môžeme preložiť „*Iba to čo je potrebné, vtedy keď je to potrebné, a v potrebnom množstve.*“ [10]

2.5.3 Kanban systém

Kanban je lístok alebo karta z japonského prekladu. Kanban je nositeľom informácií, určuje kde a koľko daných dielov alebo súčiastok má byť dodaných. Kanban systém slúži ako interný obchod v podniku, spája pracoviská na základe karty nesúcej požiadavku na výrobu dielov, súčiastok alebo dodania materiálu. [10]

Kartový systém Kanban sleduje stav nedokončenej produkcie na jednotlivých pracoviskách. Karty sa pohybujú v protichodnom smere toku materiálu. Žiadajúce pracovisko posielajú kartu na výrobné pracovisko alebo do skladu z kade sú odoslané požadované prvky spolu s kartou. Tento princíp znázorňuje obrázok 8. [11]

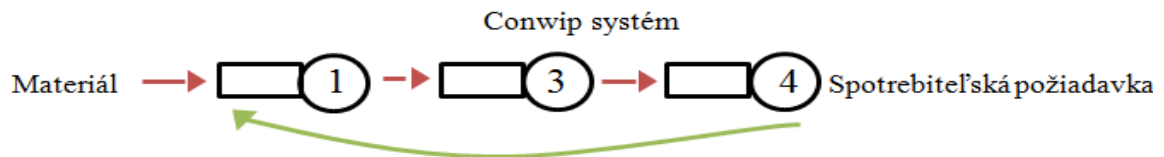


Obr. 8: Kanban systém.

Zdroj: Upravené podľa [12, s.922]

2.5.4 Conwip systém

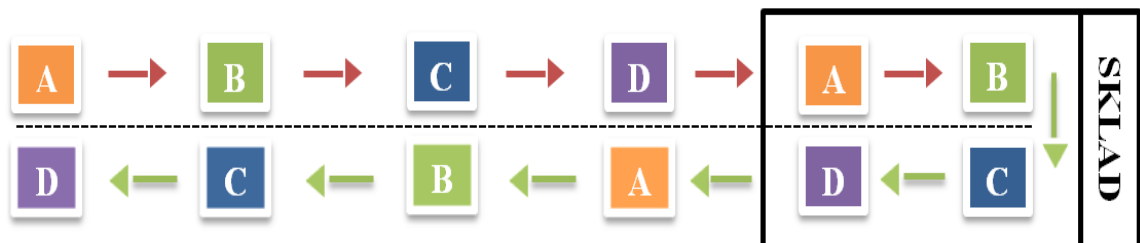
Conwip systém je rozšírená verzia Kanban systému o princípy tlaku. Predstavuje konštantné množstvo nedokončenej výroby. Princíp spočíva v zabezpečení konštantnej úrovne zásob vďaka globálnym kartám. Globálna karta uvoľňuje daný materiál na požiadavku a sleduje jeho tok počas celého výrobného procesu, na jeho konci sa karta vráti na začiatok. Tento princíp znázorňuje obrázok 9. [11]



Obr. 9: Conwip systém.
Zdroj: Upravené podľa [12, s.922]

2.5.5 FIFO

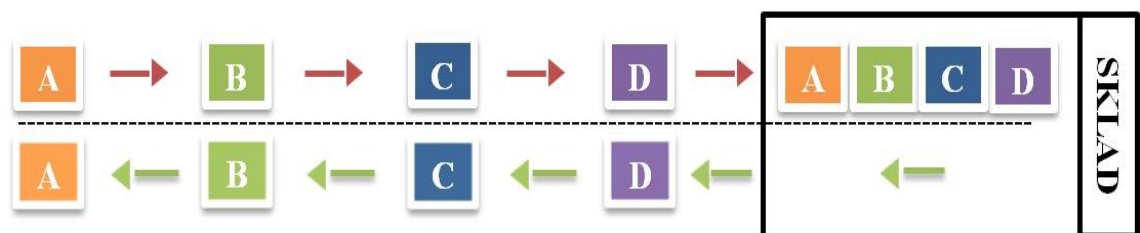
Metóda FIFO (Obr. 10) je založená na časovej postupnosti, prvá naskladnená položka (najstaršia), sa odpisuje zo systému ako prvá. [9]



Obr. 10: Systém skladovania FIFO.
Zdroj: Vlastné spracovanie

2.5.6 LIFO

LIFO metóda (Obr. 11) je založená na časovej postupnosti, posledná prijatá položka do skladu odchádza ako prvá zo skladu. Pri spotrebe sa odpisuje práve posledná prijatá položka, avšak v skutočnosti sa nemusí odobrať najmladšia prijatá položka. [9]



Obr. 11: Systém skladovania LIFO.
Zdroj: Vlastné spracovanie

2.5.7 Metóda ABC

Základom tejto metódy je rozdelenie materiálu vo výrobnom podniku do troch typov. Materiál A, ktorý sa podieľa na spotrebe viac než 60 percentami, pričom do tejto kategórie patrí len 15 percent materiálov. Materiál B, predovšetkým rýchlo-obratové položky, ktoré sú dodané v krátkom čase. Zahŕňa 20 percent materiálov a 20 percentnú spotrebu. Materiály C, sú požadované od výroby a tvoria 20 percentný podiel ktorý obsahuje približne 65 percent rôznych materiálov. [9]

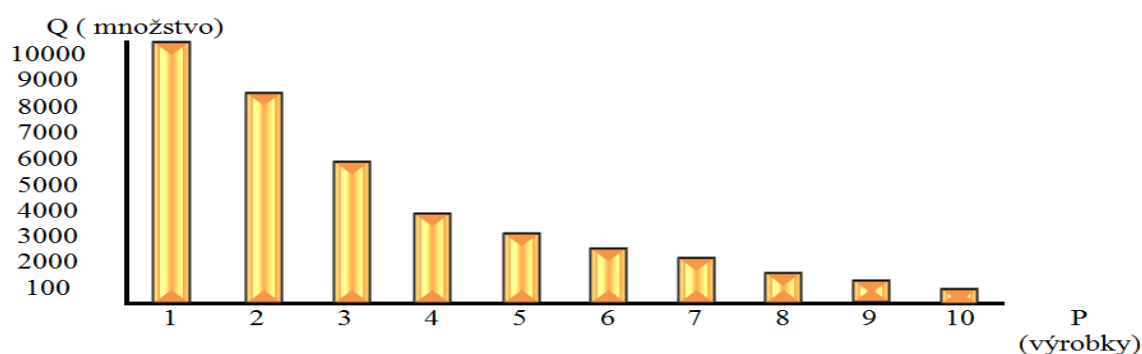
2.6 Metódy hodnotenia materiálového toku

Metód hodnotenia materiálového toku máme mnoho. Vybrané metódy pre túto prácu ako sú napríklad PQ diagram, Ganttov diagram a iné sú uvedené nižšie.

2.6.1 P-Q diagram

P-Q diagram sumarizuje výrobné množstvo výrobkov jednotlivých typov v určitom časovom období. Tento diagram patrí ku klasickým nástrojom projektanta, ktorému môže poskytnúť informácie o type organizácie výroby, stupni automatizácie, alebo manipulácii s materiálom či spôsobom plánovania a riadenia výroby. [13]

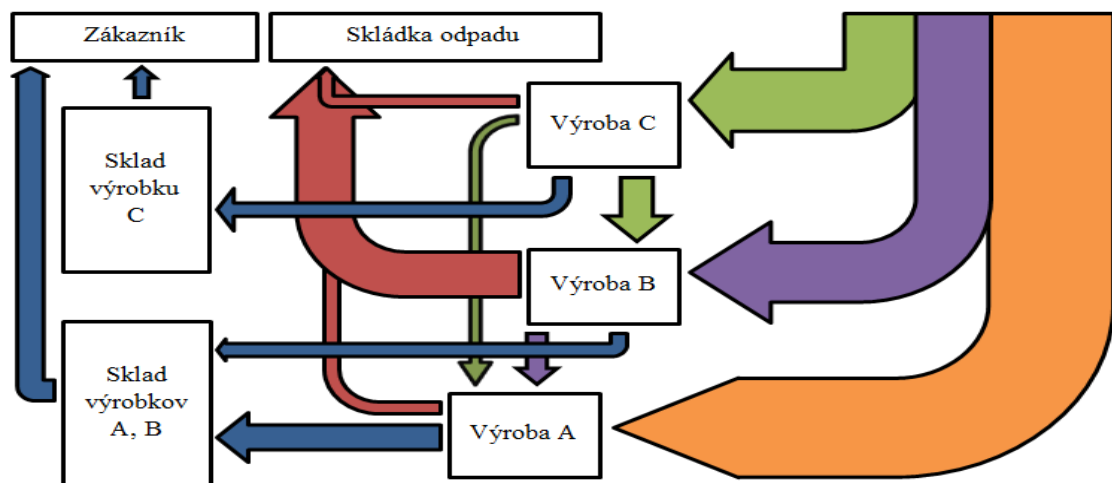
P-Q diagram je grafické znázornenie porovnania druhov vyrábaného sortimentu (P) s vyrábaným množstvom každého druhu (Q), na uvedenom obrázku (obr. 12) sa nachádza výrobková základňa rozdelená na 10 skupín. Podľa [5] je výhodnejšie pracovať s hmotnostnými jednotkami (kusy, hmotnosti, objemy), ako s peňažnými jednotkami. Využitie diagram nenachádza len v technologickej projekcii ale i v útvaroch technológie, operatívneho plánovania, zásobovania či predaja výrobkov. [5]



Obr. 12: P-Q diagram.
Zdroj: Upravené podľa [13]

2.6.2 Sankeyov diagram

Sankeyov diagram (Obr. 13) sa spracováva, buď na jeden výrobný objekt alebo na celý areál závodu. Využíva sa predovšetkým na znázornenie medzidielnenského materiálového toku. Jednotlivé dielne alebo objekty v závode sa kreslia podľa skutočného usporiadania. Tok materiálu je znázornený čiarou, ktorej hrúbka závisí od pripravovaného množstva vyjadreného vo zvolených jednotkách – najčastejšie v hmotnostných. Dĺžka znázorňuje vzdialenosť prepravy a smer materiálového toku, ktorý určuje šípka. Farebne alebo šrafovaním sa odlišujú jednotlivé druhy prepravovaného materiálu. Pri vytváraní sankeyovho diagramu sa väčšinou vychádza zo šachovnicovej tabuľky dopravných vzťahov. [5]



Obr. 13: Sankey diagram.

Zdroj: Vlastné spracovanie podľa [14]

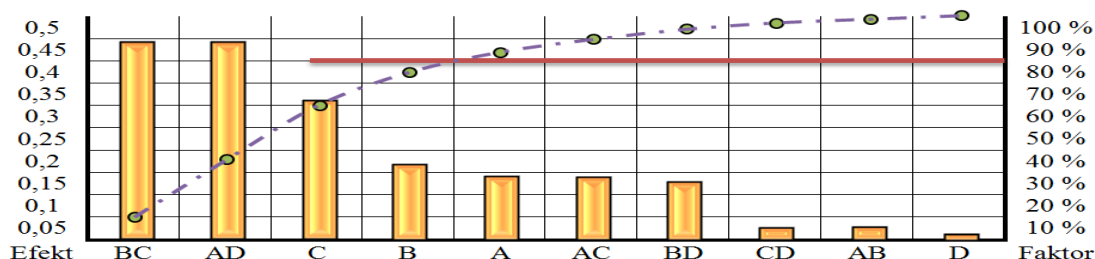
2.6.3 Pareto diagram

Pareto diagram (Obr. 14) spočíva v princípe, že 80 percent nezhôd/chýb spôsobuje 20 percent príčin. [15]

Postup Paretovho diagramu pozostáva z nasledujúcich údajov [15]:

- vymedzenie všetkých možných typov nezhôd a príčin;
- stanoviť kritérium podľa ktorého sa budú analyzovať nezhody, príčiny (obvykle to býva početnosť, vynaložené náklady, závažnosť a pod.);
- stanoviť časový úsek zberu údajov;
- zhromaždiť údaje (kontrolný list, formulár, tabuľka);
- hodnoty vo forme tabuľky sa usporiadajú od najväčšieho po najmenšie (Z-A);

- okrem absolútnej početnosti sa pridá aj kumulovaná početnosť a kumulovaná početnosť (obvykle v percentách);
- zostrojí sa graf, na vodorovnej osi sú uvedené všetky druhy nezhôd v rovnakom poradí ako sú v pripravenej tabuľke (v klesajúcom poradí). Na ľavej zvislej osi sú vynesené príslušné absolútne početnosti a na pravej zvislej osi sú vyznačené kumulatívne reaktívne početnosti. V koncových bodoch sú vynesené relatívne početnosti. Spojením bodov dostaneme lomenú čiaru (Lorenzova krivka);
- vynesie sa čiara hladiny dôležitosti obvykle 80 percent, ktorá oddeľuje nezhody ktoré je potrebné riešiť.

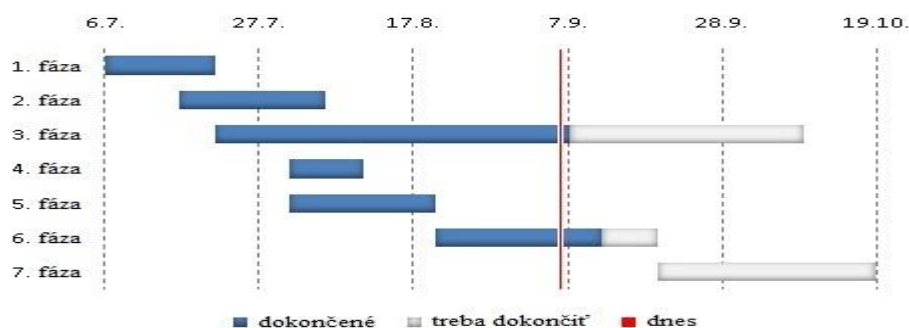


Obr. 14: Pareto diagram.

Zdroj: Upravené podľa [15]

2.6.4 Ganttov diagram

Ganttov diagram je nástroj na zobrazenie časovej náročnosti a jednotlivých častí projektu. Realistické plánovanie je potrebné k efektívnemu zobrazeniu priebehu projektu. Diagram sleduje plnenie jednotlivých častí a ich vzájomnú naviazanosť. Ganttov diagram slúži ako vizuálny prehľad o priebehu sledovaného procesu/projektu. [16]



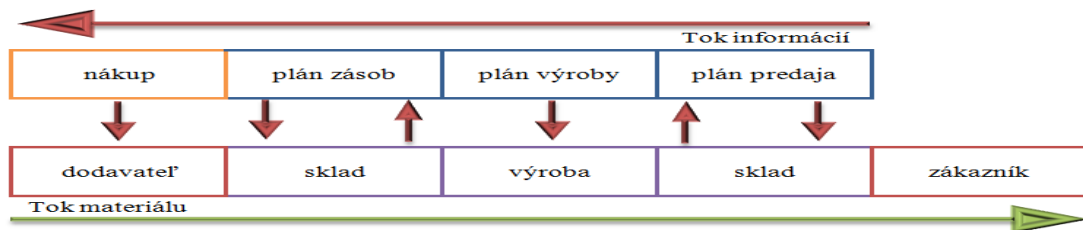
Obr. 15: Ganttov diagram.

Zdroj: Upravené podľa [16]

2.7 Materiálový tok

Materiálový tok je vzhľadom k optimalizácii jeden z najdôležitejších pomôcok pri určovaní slabých úsekov výrobného procesu. Tok materiálu a tiež tok informácií zobrazuje obrázok 16.

„Materiálový tok je riadený pohyb materiálu, realizovaný pomocou prepravných, dopravných, skladových, manipulačných a podobných technických zariadení a prostriedkov, za účelom najefektívnejšieho a najúčinnnejšieho dodania materiálu v správnom množstve, na správnom mieste, v správnom čase a v požadovanej kvalite.“ [17, s.310]



Obr. 16: Tok materiálu a informácií.

Zdroj: Upravené podľa [18]

2.8 Informačný tok

Informačný tok (Obr. 16) zabezpečuje prísun dát alebo údajov ktoré po spracovaní nesú informáciu. Dôraz sa kladie predovšetkým na pravdivosť a včasnosť poskytnutých informácií. [17]

V podniku slúži ako sprostredkovateľ medzi požiadavkou a jej vybavením, na interné aj externé požiadavky podniku, zabezpečuje dodanie materiálu a tiež súlad medzi jednotlivými pracoviskami. Kvalitný informačný tok je pre správne a efektívne vedenie podniku nevyhnutný.

Po spracovaní dát alebo údajov, možno vyhodnotiť efektívnosť práce spotrebovanej na projekte, vyhodnotenie obsahuje informáciu o reálnej odpracovanej práci a časovými prestojmi, z ktorej možno následne optimalizovať problematický úsek výroby a pod.

Informačný systém v podniku sa skladá [20]:

Materiálový systém – informácie o surovinách, materiáloch a výrobkoch pre materiálový tok, riadi ich fyzický presun a zabezpečuje postupnosť medzi operáciami.

Riadiaci systém – spracováva informácie týkajúce sa organizovania, informovania, plánovania, rozhodovania, kontrolovania a pod. strategických logistických činností.

Informačný systém – zabezpečuje výber, prenos, kontrolu, uchovávanie dát na vopred zvolene miesta v štruktúre, v požadovanom čase vo forme informácií slúžiacich na rozhodovanie.

3 Analýza súčasného stavu spoločnosti

V analytickej časti tejto práce predstavíme spoločnosť. Po oboznámení sa s históriou divízie a jej zameraním, venujeme pozornosť výrobe projektu, ktorý bude predmetom optimalizovania v tejto bakalárskej práci.

Vzhľadom na to, že sa jedná o špecifickú výrobu, je potrebné pozrieť sa na výrobný proces z celkového hľadiska. Predtým než začneme optimalizovať určitý úsek výrobného procesu, je nevyhnutné zmapovať celý výrobný proces od jeho začiatku až po koniec. Môžeme zlepšovať proces, ktorý je problematickým, no oveľa dôležitejší je fakt, kde problém vzniká a nie miesto kde problém vychádza na povrch alebo nadobúda fyzickú formu v podobe zmätku. Analyzovaním celého výrobného procesu, dokážeme efektívnejšie eliminovať chyby, ktoré následne zapríčiňujú ďalšie chyby.

Získaná analýza súčasného stavu a zmapovanie výrobného procesu, nám poskytnú informácie pre vypracovanie analýzy chýb a prestojov. Na základe tejto analýzy, budeme môcť poskytnúť možné návrhy optimalizácie, za účelom zníženia chybovosti, prestojov a samozrejme zníženie nákladov.

3.1 Predstavenie firmy

Utajená časť bakalárskej práce.

Utajená časť bakalárskej práce.

3.2 Zariadenie

Utajená časť bakalárskej práce.

3.2.1 Nástroj

Utajená časť bakalárskej práce.

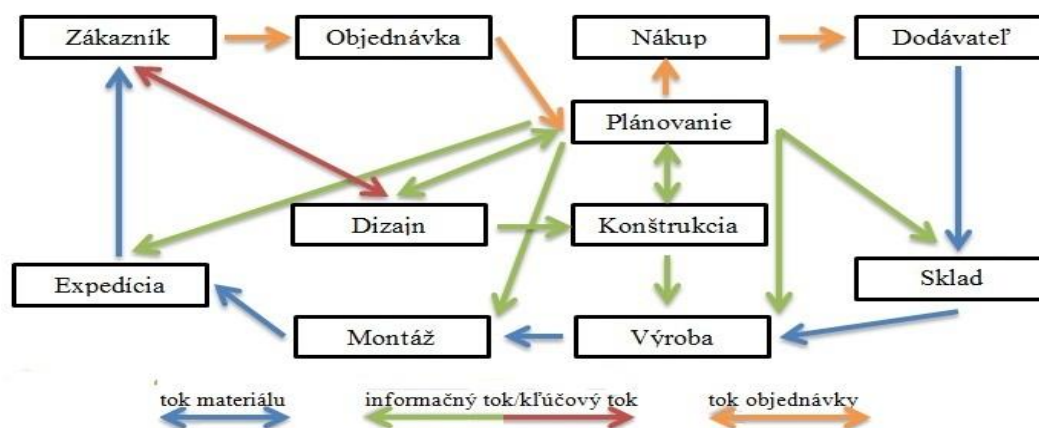
Utajená část bakalářské práce.

3.3 Etapy výroby zariadenia/nástroja

Etapy výroby zariadenia môžeme rozdeliť na tri jednotlivé časti, ktoré budú popísané nižšie. Tieto etapy majú informatívny charakter o priebehu zariadenia ako celkového projektu pre lepšiu predstavu čitateľa.

a) 1. Etapa - Zákaznícka objednávka, spracovanie a priebeh

Vzniknutá objednávka je pridelená vedúcemu projektov (dizajn prípadne konštrukcia). Dotyčná osoba konzultuje požiadavky zákazníka počas celej doby výroby objednaného nástroja/zariadenia. V závislosti od náročnosti zákazníckych požiadaviek stanovuje prevažne dizajnér prípadne konštruktér časový odhad pre plánovanie na ďalšie dodatočné časové rozvrhnutie pre nákup, výrobu, montáž a finalizáciu. Z tohto časového odhadu vyplynie i doba odovzdania produktu. Obzvlášť náročná je predvýrobná etapa v ktorej dizajnérske oddelenie vytvára návrh nástroja podľa predstáv zákazníka. Po schválení návrhu je vybraný a následne nákupným oddelením objednaný vhodný materiál, pre daný nástroj. Informačný tok, kľúčový tok informácií medzi zákazníkom a vedúcim projektu, ale i tok objednávky a tok materiálu zobrazuje obr. 23.



Obr. 23: Spracovanie objednávky.

Zdroj: Vlastné spracovanie

b) 2. etapa - Výroba

Po naskladnení materiálu a uvedení projektu do výroby začíná výrobná etapa. Materiál je prevezený z externého skladu do interného skladu. Na základe dielenskej objednávky je materiál pridelený projektu, pre ktorý bol objednaný. Niektoré časti zariadenia sú objednávané z kooperácie, sú to väčšinou produkty, ktoré sú montované v stave, v ktorom boli naskladnené. Samotná výroba začína opracovaním materiálu v obrábacom centre. Lôžka, segmenty a komponenty sú vyfrézované, navítané, odihlené, očistené atď.. Materiálový tok podstavovej dosky dolného nástroja zobrazuje obr. 26 a materiálový tok lôžka s odlieváním horného nástroja obr. 27. Výroba tiež zahŕňa odlievanie gummy na lôžkach horného nástroja, ktoré sa vykonáva externe. Súbežne s výrobou komponentov, súčiastok a častí prebieha tiež výroba konštrukcie, vibračnej hlavy a elektrickej prípojky zariadenia. Výrobná etapa je ukončená vyrobením všetkých potrebných častí pre zostrojenie zariadenia.

c) 3. Etapa – Montáž a expedícia

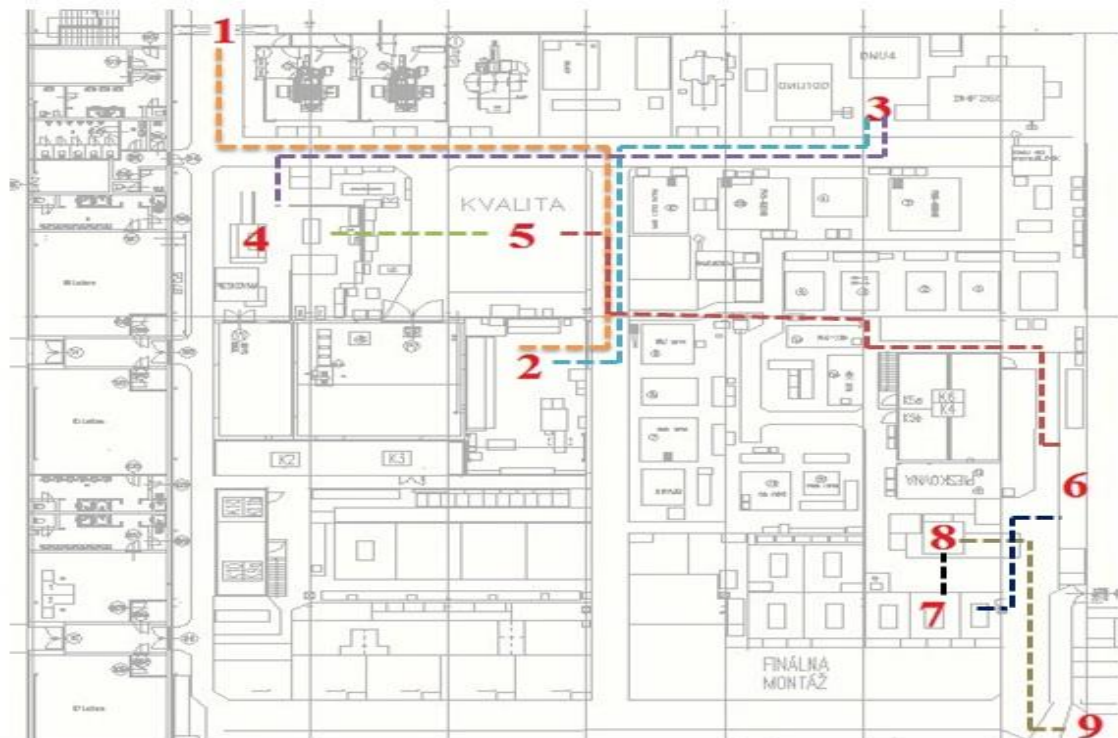
Každý projekt má svoju vymedzenú kľetku, do ktorej sú priebežne z výroby premiestňované súčiastky a komponenty aj s technickou dokumentáciou. Pracovník montáže na základe technickej dokumentácie vyberá diely chronologicky zapadajúce do štruktúry a kompletizuje nástroj alebo predohrev. Po skompletizovaní komponentov, ich montáži na nástroj, nasleduje montáž pneumatiky a elektrickej inštalácie. Za dokončenie elektrickej a pneumatickej inštalácie, môžeme považovať montáž konektorov pre pripojenie do zariadenia. Dodatočne prebieha montáž zahrievacích emitorov, ktoré sú externe upravované.

Vyrobený nástroj môže byť zabalený a vyexpedovaný na externé oživovanie alebo je vložený do predpripraveného zariadenia a oživovacia etapa prebieha interne. V prípade, že je nástroj oživovaný interne, vykonáva sa i skúška funkčnosti a to za priamej účasti objednávateľa/zákazníka. Po uspokojení dodatočných zákazníckych požiadaviek je nástroj, zabalený a vyexpedovaný alebo je vložený do vyrobenej konštrukcie, dodatočne odskúšaný, zabalený a vyexpedovaný.

3.3.1 Materiálový tok podstavovej dosky dolného nástroja

Pre lepšiu prehľad poskytujeme nasledovné zobrazenie materiálového toku podstavovej dosky dolného nástroja, ktorý uvádza obrázok 24.

1. sklad,
2. sklad (pridelenie projektu),
3. obrábacie centrum,
4. strojný zámočník,
5. kvalita polotovaru,
6. sklad (Tooling),
7. montáž (Tooling),
8. oživenie nástroja (Tooling),
9. expedícia.



Obr. 24: Materiálový tok podstavovej dosky.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Uvádzame popis jednotlivých operácií, ktoré podstupuje podstavová doska pred montážnou operáciou.

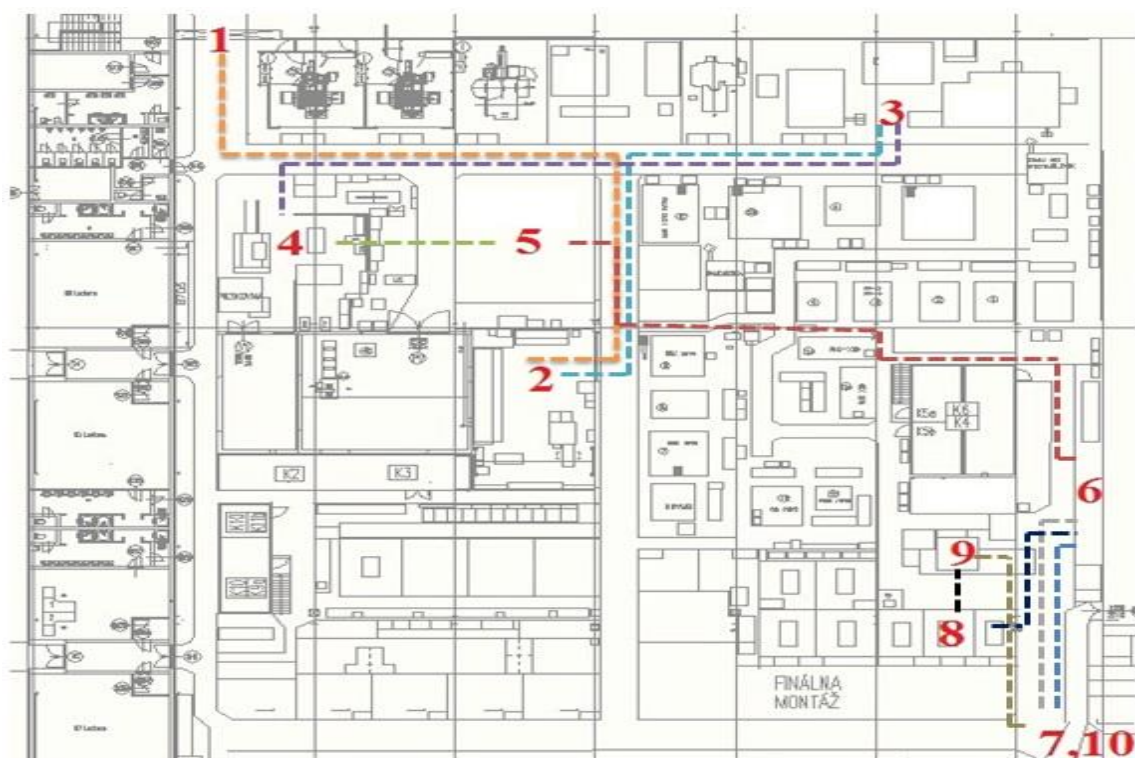
Po doručení požadovaného materiálu dodávateľom, jeho naskladnení, manažér projektov zadá projekt do výroby za predpokladu splnenia všetkých zákazníckych požiadaviek z predvýrobnej etapy. Po naskladnení je materiálu pridelené tzv. číslo „dielenskej objednávky“. Prvá etapa je tzv. „Cam“, kedy je materiál vložený do obrábacieho centra. Softwarovým rezom (Cam) je vyrezaná hrubá časť podstavy, ktorá je nasledovne prevezená strojnému zámočníkovi, ktorý prevedie odihlenie (Po Cam-e vzniká rôzny strojný odpad ako napr. stružliny a pod.). Od zámočníka sa presunie polotovar na stôl kvalitéra, ktorý skúma kvalitu výroby, odihlenia atď..

V prípade, že polotovár nespĺňa požadovanú kvalitu, sa vyhodnotí či je potrebné, aby prešiel opätovne Cam-om, alebo postačí jeho manuálna oprava. V opačnom prípade, že polotovár spĺňa požadovanú kvalitu, je odvezený do skladu Toolingu, kde je podľa č. dielenskej objednávky vybraný montérom na montáž na základovú dosku. Na podstavu sú namontované segmenty. Po montáži komponentov, pneumatiky a elektroinštalácie, je nástroj hotový a čaká na kompletizáciu horného nástroja, oživenie kompletného nástroja, prípadne na zabalenie a vyexpedovanie.

3.3.2 Materiálový tok lôžka horného nástroja s odlieváním

Tok horného nástroja so zakomponovanou operáciou externého odlievania, zobrazuje nižšie uvedený obrázok číslo 25.

- | | |
|---------------------------------|-------------------------------------|
| 1. sklad, | 6. sklad (Tooling), |
| 2. sklad (pridelenie projektu), | 7. kooperácia (externé odlievanie), |
| 3. obrábacie centrum, | 8. montáž (Tooling), |
| 4. strojný zámočník, | 9. oživenie nástroja (Tooling), |
| 5. kvalita polotovaru, | 10. expedícia. |



Obr. 25: Materiálový tok lôžok s odlieváním.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Následne uvádzame popis jednotlivých operácií, ktoré podstupujú vyrábané lôžka s externým odlievaním.

Operácie sú rovnaké ako v prípade podstavy dolného nástroja do etapy prevezenia skontrolovaného lôžka do skladu Toolingu. Montér si lôžka vyzdvihne zo skladu a spáruje duralové lôžka s pripravenými proti – vyrezanými dielmi tzv. „kavitami“. Po dokonalom vsadení lôžok a po manuálnych úpravách, kde nie je potrebné aby duralové lôžka opäťovne išli na cam, sú zabalené a prevezené naspäť do skladu Toolingu. Kooperant príde pre prichystané lôžka priamo do skladu a odvezie ich na externé odlievanie gumy. Tvrdenie gumy trvá 90 hodín, potom je lôžko opäťovne privezené do skladu Toolingu, odkiaľ je odvezené do obrábacieho centra na vŕtanie dier pre odsávanie vzduchu a vyrezanie drážok. Po návrate z centra lôžka putujú na sklad Toolingu a následne na stôl montéra, ktorý lôžko dodatočne manuálne opracuje a očistí. Po namontovaní komponentov a pneumatickej inštalácie je nástroj hotový, pripravený na oživenie alebo vyexpedovanie.

V prípade, že lôžka do seba nezapadajú stopercentne, je potrebné na nich vykonať dodatočné úpravy, ktoré zabezpečia stopercentné zapasovanie. Tento krok sa stal kľúčovým v sledovanom projekte „XY“.

3.4 Projekt „XY“

Utajená časť bakalárskej práce.

Tab. 2: Horný nástroj. Zdroj: Vlastné spracovanie

por. č.	názov operácie	neproduktívny čas (hh:mm:ss)	produktívny čas (hh:mm:ss)
1	Dosadenie lôžok	0:10:14	2:43:38
2	Vŕtanie dier a oblepenie páskou	0:19:56	2:21:17
3	Orezávanie gumy	0:10:00	1:48:00
4	Čistenie drážok	0:17:20	2:04:10
5	Montáž horného nástroja	0:07:00	0:18:43
6	Leštenie komponentov	0:08:30	1:38:48
7	Montáž pneumatiky	2:20:00	4:33:00
8	Montáž závažia a komponentov	0:00:00	1:00:00
súčet jednotlivých časov		3:33:00	16:27:36
celkový súčet času		20:00:36	

Tab. 3: Dolný nástroj. Zdroj: Vlastné spracovanie

por. č.	názov operácie	neproduktívny čas (hh:mm:ss)	produktívny čas (hh:mm:ss)
1	Montáž segmentov	1:42:25	2:04:10
2	Obrusovanie segmentov	0:35:00	3:03:00
3	Skladanie komponentov	0:59:50	1:34:20
4	Montáž komponentov	2:46:30	7:05:30
5	Montáž snímačov	1:37:50	5:54:10
6	Montáž pneumatiky	1:02:55	5:14:45
7	Elektroinštalácia	1:02:00	10:24:20
súčet jednotlivých časov		9:46:30	35:20:15
celkový súčet času		45:06:45	

Tab. 4: Infračervený predohrev. Zdroj: Vlastné spracovanie

por. č.	názov operácie	neproduktívny čas (hh:mm:ss)	produktívny čas (hh:mm:ss)
1	Montáž dielov	0:55:05	7:10:00
2	Montáž skrinky na konektory	0:15:58	2:32:08
3	Oštitkovanie konektorov	0:20:00	0:32:00
4	Montáž emitorov	2:06:59	5:00:19
5	Montáž držiaku (pripojenie)	0:00:00	0:10:00
6	IR - dodatočné (zlý posuv IR)	2:03:35	0:48:20
súčet jednotlivých časov		5:41:37	16:12:47
celkový súčet času		21:54:24	

Tab. 5: Kompletný nástroj. Zdroj: Vlastné spracovanie

por. č.	časť nástroja	neproduktívny čas (hh:mm:ss)	produktívny čas (hh:mm:ss)
1	Horný nástroj	3:33:00	16:27:36
2	Dolný nástroj	9:46:30	35:20:15
3	Infračervený predohrev	5:41:37	16:12:47
súčet jednotlivých časov		19:01:07	68:00:38
celkový súčet času		87:01:45	

Zhodnotenie vyššie uvedených tabuliek

Do produktívneho času je zahrnutý len čas tA (príloha I), tento čas zahŕňa len montáž komponentov, dielov, súčiastok, skladanie komponentov a podobne. Spoločnosť definuje čas tA, ako čas prídávajúci hodnotu.

Neproduktívny čas zahŕňa všetky ostatné činnosti ako sú napríklad štúdium dokumentácie, porada s kolegom, odchod pre pomôcky, komponenty, nástroje či diely.

Z tabuľky č.2 vyplýva, že výroba horného nástroja pozostáva z nasledovných operácií: dosadenie lôžok, vŕtanie dier a oblepenie páskou (odlievanie), orezávanie gummy, čistenie drážok, montáž horného nástroja, leštenie komponentov, montáž pneumatiky a montáž závažia a komponentov. Operácie trvali 20:00:36, produktívny čas tvorí 16:27:36 (82 %), neproduktívny čas je 3:33:00 (18 %), (hh:mm:ss).

Tabuľka 3 uvádza jednotlivé operácie dolného nástroja nasledovne : montáž segmentov, obrusovanie segmentov, skladanie komponentov, montáž komponentov, montáž snímačov, montáž pneumatiky a elektroinštalácia. Výrobný čas dolného nástroja podľa tabuľky 3 je 45:06:45, produktívny čas 35:20:15 (78 %), neproduktívny čas je 9:46:30 (22 %), (hh:mm:ss).

Tab. 4 uvádza výrobu infračerveného predohrevu v nasledovných operáciách: montáž dielov, montáž skrinky na konektory, oštitkovanie konektorov, montáž emitov, montáž držiaku (pre pripojenie nástroja) a dodatočné opravy. Výrobné časy: 21:54:24 celkový čas, produktívny čas vymeraný na 16:12:47 (74 %) a neproduktívny čas 5:41:37 (26 %), (hh:mm:ss).

Zhotovenie kompletného nástroja (Tab. 5) pozostáva z týchto častí: horný nástroj, dolný nástroj a infračervený predohrev. Montáž celého nástroja trvala 87:01:45, produktívny čas 68:00:38 (78 %), neproduktívny čas tvorí 19:01:07 (22 %), (hh:mm:ss).

3.5 Analýza chýb a prestojov

Aktuálna časť práce analyzuje nedostatky, ktoré sa vyskytli na projekte. Popisuje závažné aj menej závažné straty, ktoré v konečnom dôsledku zapríčiňujú zvýšenie nákladov a následné znižovanie marže, oneskorenie expedície, respektíve odovzdanie produktu zákazníkovi.

3.5.1 Horný nástroj

Prestoj približne 7 hodín nastal na hornom nástroji, keď po druhej manuálnej úprave lôžok (Obr. 27) bolo zistené, že lôžka a kavity stále do seba nezapadajú a lôžka museli byť opätovne prekontrolované vo výrobnom software. Dodatočná kontrola odhalila nesprávne hladiny na oboch lôžkach. Program bol upravený a odoslaný na Cam, po nasledovnej úprave lôžka do seba zapadli a boli odvezené na externé odlievanie gummy.

Predčasné prebratie dielov z výroby zapríčinilo ďalšie straty, pretože diely boli odobraté pred označením, montér nemohol identické diely s unikátnou hranou namontovať. Museli byť preskúmané a dodatočne označené.

Utajená časť bakalárskej práce.

Obr. 27: Dosadenie duralového lôžka s kavitou a Cam.

Zdroj: Vlastné spracovanie

3.5.2 Dolný nástroj

Straty boli zapríčinené predčasným vyrobením nepotrebných dielov, montér mal k dispozícii vyrobených mnoho dielov, no chýbajú diely, bez ktorých nemožno pokračovať v montáži.

Pneumatická inštalácia dolného nástroja odhalila zlú výrobu centrovacích prstov, ktoré už boli namontované na nástroji. Prsty boli vyrobené podľa dokumentácie, no zrkadlovo, pri vysunutí sa opierali o vzduchomer (Obr. 28 - 1), zároveň nedosahovali zváraný komponent, čím neplnili svoju úlohu. Museli byť demontované, nanovo vyrobené a opätovne namontované na nástroj. Strata je 1:15:00 (h:mm:ss).

Nepresnosť výroby znemožnila montáž komponentov (Obr. 28 – 2). Pôvodne bol do vonkajšieho dielu vyfrézovaný otvor užší než šírka vnútorného dielu (prst). Navŕtané diery vo vonkajšom diely takisto nezodpovedali technickej dokumentácii. Prsty boli vyrobené zrkadlovo, montér v kletke k projektu našiel technickú dokumentáciu k ďalším dvom prstom avšak prsty neboli ešte vyrobené.

V technickej dokumentácii boli zakreslené štyri podobné diely ako diel 115 (Obr. 28 – 3), nebolo možné identifikovať o ktorý konkrétny diel sa jedná, pretože diel 115 v technickej dokumentácii chýbal.

Utajená časť bakalárskej práce.

Obr. 28: Skompletizovaný komponent (Centrovací prst).

Zdroj: Vlastné spracovanie

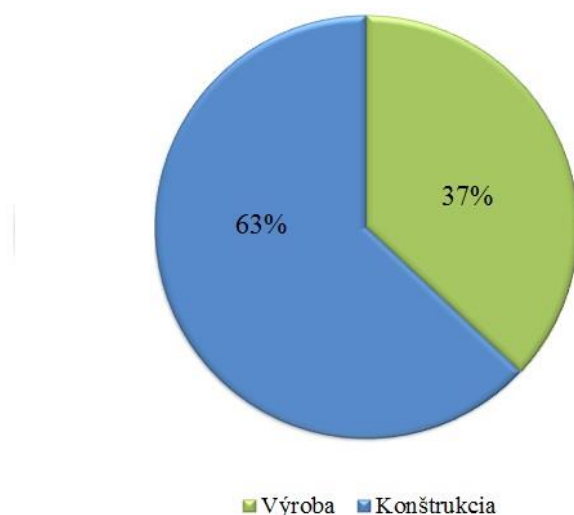
Ani montáž snímačov neprebehla hladko, po namontovaní snímačov na základovú dosku sa zistilo, že na doske už neostáva miesto na dodatočné vedenie kabeláže, pretože konštruktér zrejme zabudol pripočítať priestor pre kabeláž pri navrhovaní nástroja. Nakoniec bol tento problém vyriešený prevŕtaním dier.

Činnosť vyhadzovača zvarného produktu, znemožnil nedostatok priestoru pre vysunutie výsuvnej časti. Dolný nástroj bol dodatočne opracovaný frézou, ktorou boli vyfrézované tvary obdĺžnika do stredu dolného nástroja o rozmeroch približne 10x15x3 cm³.

Nepresne vyrobené segmenty znemožnili ich montáž na podstavové lôžka na dolnom nástroji, dodatočné manuálne úpravy zapríčinili ďalšie časové straty.

Grafické znázornenie chybovosti

Grafické znázornenie pre bližšie priblíženie chybovosti jednotlivých oddelení uvádza obrázok číslo 29.



Obr. 29: Podiel chybovosti sekcií.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Z vyššie uvedeného grafu (obr. 29) vyplýva, že 63 % podiel chybovosti nesie konštrukčná sekcia a 37 % spadá do výrobnjej sekcie.

Pareto diagram

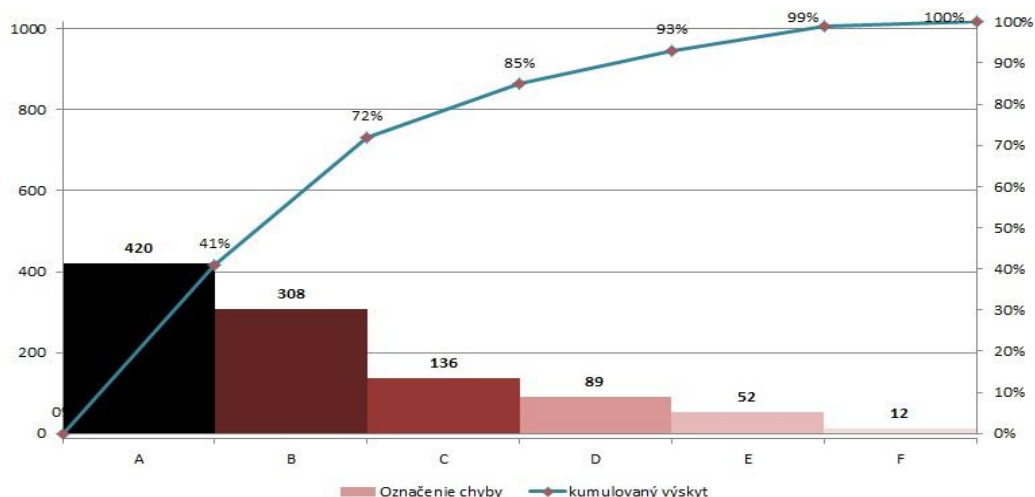
Pomocou Paretovho diagramu a Lorencovej krivky zistíme, ktoré chyby zapríčinili najväčšie zdržanie. Všetky potrebné informácie pre vypracovanie Paretovho diagramu poskytuje nižšie uvedená tabuľka 6.

Tab. 6: Informácie pre vypracovanie Paretovho diagramu.

Zdroj: Vlastné spracovanie

popis	Označenie chyby	výskyt (min)	kumulovaný výskyt	%
Cam lôžok	A	420	0,41	41
zbytočná montáž	B	308	0,72	72
oprava dielov	C	136	0,85	85
oprava kvôli konštrukcii	D	89	0,93	93
čakanie	E	52	0,99	99
nedostupnosť náradia	F	12	1	100
súčet		1017		

Pre vypracovanie Paretovho diagramu máme k dispozícii nasledovné údaje. Popis alebo názov činnosti a k nej náležité označenie. Nadchádzajúci stĺpec zobrazuje výskyt, respektíve časové určenie dĺžky činnosti alebo nečinnosti. Kumulovaný výskyt dosiahneme : $420/1017 \approx 0,41$; $308/1017 + 0,41 \approx 0,72$; nasledovné výpočty prebiehajú chronologicky podľa uvedenej tabuľky a výsledky sú zaokrúhlené nahor. Posledný stĺpec zobrazuje percentuálnu časť kumulovaného výskytu.

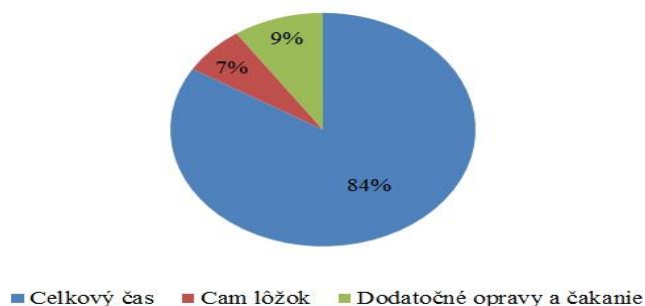


Obr. 30: Podiel času na chybách oddelení.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Podľa Paretovho diagramu (Obr. 30), môžeme uviesť, že relevantné zdržanie spôsobil dodatočný Cam a zbytočná montáž chybných komponentov, ktoré spolu tvoria 72 % času zdržania.

Celkový čas montáže je 87:01:45 (84 %), čas využitý na opravy, čakanie, demontáž a pod. je 9:57:07 (9 %) a dodatočný Cam trval 7:00:00 (7 %), (Obr. 31), (hh:mm:ss).



Obr. 31: Grafické znázornenie času spotrebovaného na opravy vzhľadom k celkovému času montáže.

Zdroj: Vlastné spracovanie

3.6 Zhodnotenie analýzy súčasného stavu

Prvá fáza analytickej časti bola zameraná na projekt z celkového hľadiska, jeho predstavenie, jednotlivé výrobné etapy a načrtli sme tok materiálu vo výrobe pre niektoré časti produktu.

Druhá fáza analýzy sa sústreďuje predovšetkým na chyby a prestoje odhalené počas meraní na montáži. Uviedli sme mnoho chýb, z ktorých časť v tejto práci bude zoptimalizovaná.

Z vypracovanej analýzy, konkrétne z Ganttovho a Paretovho diagramu, možno určiť nasledovné stanovisko:

Oneskorenie celého projektu k „utajená časť bakalárskej práce.“, bolo zapríčinené predovšetkým dodatočnými úpravami na Cam-e v obrábacom centre, zle vyrobenými dielmi a tiež zbytočnou montážou chybných komponentov, ktoré bolo následne potrebné opätovne demontovať.

4 Návrhy na zlepšenie vybranej časti výrobného procesu

Kapitola poskytne jednotlivé návrhy rozdelené na návrhy z všeobecného hľadiska, návrhy bez investičnej podpory, návrhy s finančnou investíciou a zhodnotenie návrhov. Možnosti optimalizácie poskytnú riešenia pre chybné operácie, ktoré spôsobili relevantné straty. Pozornosť bude sústredená predovšetkým na optimalizáciu predvýrobnej a výrobnjej časti projektu.

Po navrhnutí potrebných opatrení pre dosiahnutie zníženia nákladov sa pokúsime vyčíslieť odhadované výšky úspor pre návrhy v kapitole „Technicko-ekonomické zhodnotenie“.

4.1 Všeobecné hľadisko

Všeobecné odporúčania, ktoré hovoria o dôležitosti niektorých predvýrobných úkonov, ktoré ovplyvňujú kvalitu nasledovného výrobného procesu.

a) Konštrukcia – Precíznosť a kontrola

Z merania projektu Karavan vyplynulo, že nadpolovičný podiel na chybách má práve konštrukcia. V prvom rade treba dbať na to, aby z počítača konštruktéra bol vyprodukovaný bezchybný návrh, samozrejme v súlade so zákaznickými požiadavkami.

Kontrola projekčných návrhov je kľúčový bod, na ktorý treba dbať i za cenu čiastočného oneskorenia, ktoré však v konečnom dôsledku musí viesť k zlepšeniu kvality výrobného procesu. Zlý konštrukčný návrh zadaný do výroby, spôsobí závažné časové straty na projekte a tak isto vedie k relevantným finančným stratám.

Technická dokumentácia musí byť presná, zrozumiteľná a úplná. Pri meraní projektu sme sa stretli s mnohými nejasnosťami a nepresnosťami, ktoré firmu stáli dodatočné náklady.

Z toho dôvodu treba zaviesť kontrolu technickej dokumentácie pred samotným vytlačením a uvedením do výrobného procesu. Kontrolu by mali uskutočňovať konštruktéri vzájomne, prípadne ju môže vykonávať pracovník na to spôsobilý/oprávnený. Dokument musí obsahovať všetky potrebné informácie o objekte, ktorý dokumentácia definuje, predovšetkým sú to technické parametre, označenie dielu, číslo projektu, ktorému objekt patrí a podobne. Ďalej by mal obsahovať hlavičku, ktorá

uvádza informácie o autorovi, meno, oddelenie kde sa nachádza a dôležitá je klapka v rámci firmy, na ktorej je zastihnuteľný v prípade potreby okamžitej konzultácie. Potrebné je aby dokument obsahoval i meno pracovníka, ktorý skontroloval dokumentáciu a taktiež jeho kontakt v rámci podniku. Dôraz na správnosť, presnosť údajov a orientačných ukazovateľov, treba klásť hlavne pri technickej dokumentácii, ktorá slúži montérom na skompletizovanie produktu, respektíve jednoznačné smerovanie pomocných šípok a jedinečné číslovanie objektov. Unikátne označenie technickej dokumentácie bude kľúčovým faktorom pri spätnom dohľadaní (chybného objektu/chybného označenia a pod.) v prípade potreby. Pokiaľ dokument o danom objekte obsahuje všetky hore uvedené informácie, čím spĺňa štandard, môže byť uvedený do výrobného procesu.

b) Výroba – Precíznosť a racionalita

Pre výrobnú sekciu sa stáva kľúčovým faktorom **dokumentácia**. Zle vyrobené komponenty alebo súčiastky zapríčinili ďalšie straty a museli sa dodatočne upravovať alebo vyrábať nanovo. Zavedením priamej zodpovednosti za vyrábané súčiastky dosiahneme zlepšenie kvality pri ich výrobe.

Po ukončení výroby alebo úprav vykonaných na diely, príslušný zamestnanec podpíše svojim menom (paličkovým), za ním svojím podpisom a krátkou frázou vyjadří aký úkon na diely vykonal („Priezvisko“ – „Podpis“ – výroba/vyrazenie čísiel) technickú dokumentáciu. Týmto spôsobom získame zodpovednejší prístup jednotlivých pracovníkov k vykonanej práci a zníženie chybovosti.

Odpovedajúci zamestnanec výroby, by mal dohliadať na postupnosť vyrábaných komponentov a súčiastok, prípadne by mal stanoviť podriadeným pracovníkom postup, podľa ktorého by pracovník mal určovať poradie výroby či opracovania dielu ktorý následne vyrobí. Konkrétny návrh takéhoto postupu je uvedený nižšie vid' relevanciu dielov (4.2).

4.2 Návrh bez finančnej investície

Za návrh bez finančnej investície považujeme taký návrh, ktorý je možné aplikovať na problematickú oblasť bez toho, aby si vyžiadal finančnú podporu.

4.2.1 Relevancia dielov

Tento optimalizačný nástroj vyplýva z priebehu výroby a je zároveň návrhom bez finančnej podpory. Optimalizácia sa vzťahuje do predvýrobnej etapy konkrétne k dizajnerskemu projektovaniu zákazníckeho návrhu.

Projektant pri kompletizácii návrhu zadá do názvu, na koniec, prípadne na dohodnutú pozíciu, unikátne označenie. Firmou preferované označenie bude niesť informáciu o relevancii súčiastky.

Toto označenie zadané projektantom, bude sprevádzať diel od vytlačenia technickej dokumentácie, k výrobe až po samotnú montáž na danom projekte. Číslo, alebo písmeno určí poradie výroby, čím budú značne ovplyvnené prestoje na montáži/Toolingu.

Pracovník, ktorý vyrába, opracováva alebo akýmkoľvek iným podobným spôsobom manipuluje s dielom, bude mať zadanú prácu chronologicky, podľa potrieb nasledovných stanovísk. Odpovedajúci pracovník dohliadne na chronológiu vyrábaných súčiastok.

Označenie relevancie dielu tiež pomôže montérovi. Pracovník, ktorý prenáša diely od výrobnjej sekcie k montárskej, ukladá diely do kletky, do označenej priehradky prípadne poličky podľa príslušnej relevancie dielu (najvyššia polička – primárne, nižšia – sekundárne, najnižšia – terciárne, prípadne opačne). Z kletky bude môcť povyberať primárne diely. Po namontovaní primárnych dielov, vytiahne sekundárne diely a nakoniec terciárne. Touto optimalizáciou by sme mali efektívne znížiť zbytočné časy, spotrebované na čakanie, hľadanie, párovanie dielov a pod.. Návrh označovania relevancie na technickej dokumentácii zobrazuje obrázok 32.

Číslo objednávky : 1054347

primárna - A, 1, I.,(-),

Číslo projektu : XXXXXXXXX

sekundárna – B, 2, II.,(--),

Číslo dielu : XXXXXXXXX-A

terciárna – C, 3, III.,(---).

Zeichnungs - Nr.		XXXXXXXX	-A
Projekt - Nr.		XXXXXXXX	
Blatt	Blätter		
1	5		

Obr. 32: Návrh zadávania názvu dielu. Zdroj: Vlastné spracovanie

4.3 Návrh s finančnou investíciou

Tento návrh vyžaduje finančnú investíciu napríklad na zakúpenie stroja, uvedenie do prevádzky, zaškolenie a pod.

4.3.1 5-osé obrábacie centrum – finančná investícia

Označenie : DMU 65 monoBLOCK od firmy DMG 5-osé obrábacie centrum

Cena : 110 000 € (2 849 000 Kč – kurz k 30.5.13 je 25,9 Kč / 1 €)

Keď prepočítame percentuálnu stratu, z 856 hodín 10 hodín stratených vo výrobe, z pohľadu celkového projektu dostaneme zanedbateľné percento - 1,16 % (Príloha V). Z výrobných perspektív táto strata tvorí približne 2,43 %, avšak zavedením automatizácie sa nám podstatne zníži celkový výrobný čas.

Zhodnotenie jednotlivých návrhov a výsledky prevedené do reálnych čísiel poskytuje nasledujúca kapitola.

5 Technicko–ekonomické zhodnotenie

Cieľom tejto kapitoly bude vyčíslieť a graficky znázorniť, koľko môžeme za pomoci aplikácie návrhov optimalizácie ušetriť pre daný projekt.

5.1.1 Relevancia dielov

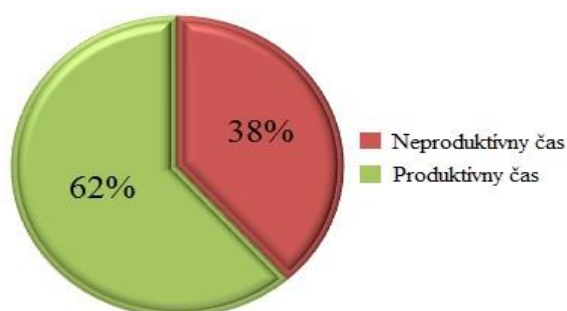
Od „dd.mm.rrrr“ do „dd.mm.rrrr“ prebiehala montáž dielov pre skompletizovanie projektu. Náklady tvorili neúplných 146 hodín. Z merania vyplynulo, že reálne odpracovaných hodín aj s vykonanou nadpracou je takmer 91 hodín. Rozdiel medzi týmito hodnotami môžeme brať ako čas čakania alebo čas potrebný skrátiť alebo eliminovať. Odpracované hodiny uvádza tabuľka č.7.

Tab. 7: Odpracované hodiny. Zdroj : Vlastné spracovanie

pracovník	odpracované hodiny (hh:mm:ss)	mzda (hod/€)	energia (kWh/€)
1	23:00:00	6	0,5
2	22:00:00	6	
3	28:00:00	7	
4	18:00:00	7	
Spolu	91:00:00		

Produktivita : $91 / 146 \approx 0,623 \approx 62,3 \%$

Čas prestojov : $146 - 91 = 55$ hodín



Obr. 33: Grafické znázornenie produktivity. Zdroj: Vlastné spracovanie

Tab. 8: Výpočet nákladov. Zdroj: Vlastné spracovanie

mzdy			
1	2	3	4
$6 * 23$	$6 * 22$	$7 * 28$	$7 * 18$
138	132	196	126
elektrická energia			
$0,5 * 23$	$0,5 * 22$	$0,5 * 28$	$0,5 * 18$
$11,5 + 138 = 149,5$	$11 + 132 = 143$	$14 + 196 = 210$	$9 + 129 = 138$
Spolu = 640,5 €			

Z tab.7 stanovíme aritmetický priemer pre výpočet miezd zo 6 a 7 : $13 / 2 = 6,5$ €

Priemerom vynásobíme odpracovaný náklad: $146 * 6,5 = 949 \text{ €}$

Máme odpracovaných 91 hodín práce na montáži v nákladovej hodnote 641 €, zaplatených 146 hodín práce v nákladoch vyčíslených na 949 €. Rozdiel je **308 €, 48%** navýšenie nákladov na projekte len v tejto časti.

V optimistickom hľadisku by relevancia dielov mohla odstrániť približne 50 % prestojov a 15 % v pesimistickom. Ak preneseť toto predpokladané zlepšenie do reálnych čísiel získame nasledovné šetrenie :

a) Optimistické hľadisko

Na základe výpočtu pri optimistickom hľadisku môžeme dosiahnuť predstavu, koľko je možné najviac ušetriť pri ideálnych podmienkach, a pri najvyššej efektívnosti dosiahnutej za pomoci aplikovaného nástroja optimalizácie.

Výpočet dodatočných nákladov po optimalizovaní z optimistického hľadiska:

$$55 * 0,50 (50 \%) = 27,5 \text{ hodiny}$$

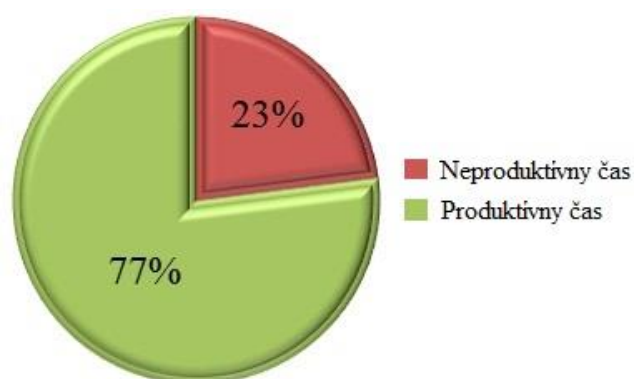
$$146 - 27,5 = 118,5 \text{ hodín}$$

$$118,5 * 6,5 = 770,25 \text{ €}$$

$$770,25 - 641 = \mathbf{129,25 \text{ €}}$$

$$\text{Produktivita : } 91 / 118,5 \approx 0,768 \approx 76,8 \%$$

$$\text{Prestoje : } 55 * 0,5 (50 \%) = 27,5 \text{ hodín}$$



Obr. 34: Grafické znázornenie produktivity po optimalizácii z optimistického hľadiska.

Zdroj: Vlastné spracovanie

b) Pesimistické hľadisko

Aplikáciou optimalizácie z pesimistického hľadiska dosiahneme nízke alebo zanedbateľné šetrenia.

Výpočet dodatočných nákladov po optimalizovaní z pesimistického hľadiska :

$$55 * 0,15 (15 \%) = 8,25 \text{ hodín}$$

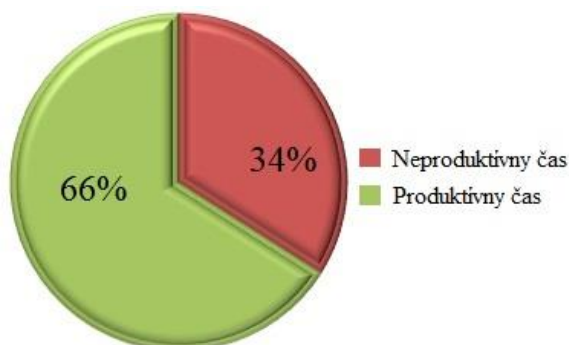
$$146 - 8,25 = 137,75 \text{ hodín}$$

$$137,75 * 6,5 = 895,375 \text{ €}$$

$$895,375 - 641 = \mathbf{254,375 \text{ €}}$$

$$\text{Produktivita : } 91 / 137,8 \approx 0,660 \approx 66 \%$$

$$\text{Prestoje : } 55 * 0,85 (15 \%) = 46,75 \text{ hodín}$$



Obr. 35: Grafické znázornenie produktivity po optimalizácii z pesimistického hľadiska.

Zdroj: Vlastné spracovanie

c) Reálne hľadisko

Aplikovaním optimalizácie, pri zhodnotení z reálneho hľadiska dostaneme pravdepodobné možné výsledky šetrenia. Výsledná hodnota sa nachádza medzi optimistickým a pesimistickým vyjadrením.

Výpočet dodatočných nákladov po optimalizovaní z reálneho hľadiska:

$$55 * 0,30 (30 \%) = 16,5 \text{ hodín}$$

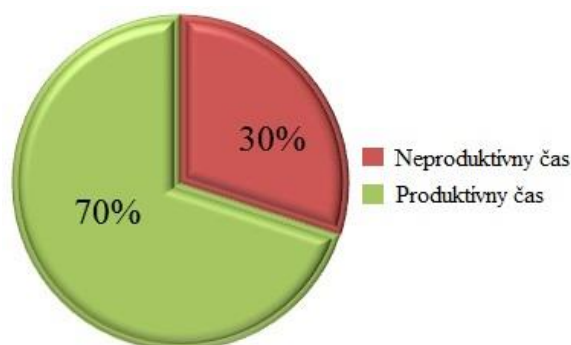
$$146 - 16,5 = 129,5 \text{ hodín}$$

$$129,5 * 6,5 = 841,75 \text{ €}$$

$$841,75 - 641 = \mathbf{200,75 \text{ €}}$$

$$\text{Produktivita : } 91 / 129,5 \approx 0,703 \approx 70,3 \%$$

$$\text{Prestoje : } 55 * 0,7 (30 \%) = 38,5 \text{ hodín}$$



Obr. 36: Grafické znázornenie produktivity po optimalizácii z reálneho hľadiska.

Zdroj: Vlastné spracovanie

Súhrnné zobrazenie ekonomického zhodnotenia poskytuje kapitola 5.2.

5.1.2 5-osé obrábacie centrum

Príloha V poskytuje nasledovné informácie: 299 hodín konštrukcia a projekcia, 412 hodín výroba a 145 hodín (odpracované hodiny). Súčet odpracovaných hodín je 856. Nižšie uvedené výpočty reprezentujú pohľad z pesimistického, optimistického a reálneho hľadiska.

Pesimistické hľadisko: 30% časová úspora.

$$(412 * 30) / 100 \approx 124 \text{ hodín}$$

Z pohľadu výroby, pri dosiahnutí 30 % časového ušetrenia dostaneme približne 124 ušetrených hodín. Z celkového projektu je úspora nasledovná:

$856 - 124 = 732$ hodín odpracovaných po zavedení 5-osého obrábacieho centra z pesimistického hľadiska.

$$(124 * 100) / 856 \approx 14,49\% \text{ úspora z celkového času.}$$

Finančné vyjadrenie

Náklady na celý projekt sú 48 000 € (Interné informácie).

Stanovíme nákladovú sadzbu, ktorá zahŕňa všetky položky (materiál, energie, mzdy, atď.) $48\,000 / 856 \approx 56,075 \approx 56,80$ € (nákladová sadzba).

Ušetrené hodiny vo výrobe vynásobíme nákladovým sadzbou a výslednú hodnotu odčítame od výšky celkových nákladov.

$$56,80 * 124 = 7043,2 \approx \mathbf{7\,040\,€}$$

$$48\,000 - 7040 = \mathbf{40\,960\,€}$$

Pesimistické hľadisko ukázalo, že pri 30% časovej úspore vo výrobe, peňažné vyjadrenie činí 7 040 €, čo znamená pokles nákladov z 48 000 € na 40 960 €.

* Nasledovné hľadiská sú prepočítané rovnakým spôsobom.

Optimistické hľadisko: 60% časová úspora

$$(412 * 60) / 100 \approx 247 \text{ hodín}$$

$$856 - 247 = 609 \text{ hodín}$$

$$(247 * 100) / 856 \approx 28,86\% \text{ úspora z celkového času.}$$

Finančné vyjadrenie

Náklady: 48 000 €.

$48\,000 / 856 \approx 56,075 \approx 56,80$ € (nákladová sadzba).

$$56,80 * 247 = 14\,029,6 \approx \mathbf{14\,030\,€}$$

$$48\,000 - 14\,030 = \mathbf{33\,970\,€}$$

Optimistické hľadisko ukázalo, že pri 60% časovej úspore vo výrobe, peňažné vyjadrenie činí 14 030 €, čo znamená pokles nákladov z 48 000 € na 33 970 €.

Reálne hľadisko: 40% časová úspora

$$(412 * 40) / 100 \approx 165 \text{ hodín}$$

$$856 - 165 = 691 \text{ hodín}$$

$$(165 * 100) / 856 \approx 19,28\% \text{ úspora z celkového času}$$

Finančné vyjadrenie

Náklady: 48 000 €.

$$48\,000 / 856 \approx 56,075 \approx 56,80 \text{ € (nákladová sadzba).}$$

$$56,80 * 165 = 14\,029,6 \approx \mathbf{9\,370\,€}$$

$$48\,000 - 9\,370 = \mathbf{38\,630\,€}$$

Reálne hľadisko ukázalo, že pri 40% časovej úspore vo výrobe, peňažné vyjadrenie činí 9 370 €, čo znamená pokles nákladov z 48 000 € na 38 630 €.

Návratnosť investície

Stanovením návratnosti investície do návrhu zistíme, kedy sa zisk z návrhu vyrovná nákladom na zakúpenie obrábacieho centra (bod zvratu). Predpokladáme, že spoločnosť vyrobí podobných projektov 20 ročne. Stanovená cena projektu je 46 000 €.

Pesimistické hľadisko

Zisk z jedného projektu	ročný zisk
$46\,000 - 40\,960 = 5\,040 \text{ €}$	$5\,040 * 20 = 100\,800 \text{ €}$
$100\,800 - 110\,000 = -9\,200 \text{ € (strata)}$	
$5\,040 \times = 110\,000 / :5\,040 \approx 21,82 \approx 22 \text{ projektov}$	

Pri pesimistickej variante, musí firma vyrobiť minimálne 22 projektov, kým dosiahne výšku nákladov investovaných do nákupu 5-osého obrábacieho centra. V prvom roku zavedenia zariadenia do prevádzky, pri obehovej výrobe 20 projektov by spoločnosť bola v strate 9 200 €, do výpočtov nie sú zahrnuté potenciálne varianty využitia zariadenia, ako napríklad práca na iných zákazkách či kooperácia s externými firmami.

Optimistické hľadisko

Zisk z jedného projektu	ročný zisk
$46\,000 - 33\,970 = 12\,030 \text{ €}$	$12\,030 * 20 = 240\,600 \text{ €}$
$240\,600 - 110\,000 = 130\,600 \text{ (zisk)}$	
$12\,030 \times x = 110\,000 / :12\,030 \approx 9,14 \approx 10 \text{ projektov}$	

Pri optimistickej variante, by spoločnosť potrebovala vyrobiť len 10 projektov, aby sa vrátila výška investovaného kapitálu. Výroba 20 projektov ročne, by firme zarobila 130 600 € z optimistického hľadiska.

Reálne hľadisko

Zisk z jedného projektu	ročný zisk
$46\,000 - 38\,630 = 7\,370 \text{ €}$	$7\,370 * 20 = 147\,400 \text{ €}$
$147\,400 - 110\,000 = 37\,400 \text{ (zisk)}$	
$7\,370 \times x = 110\,000 / :7\,370 \approx 14,92 \approx 15 \text{ projektov}$	

Pri reálnej variante, treba vyrobiť minimálne 15 projektov, na dosiahnutie výšky nákladov rovnajúcich sa výške investovaného kapitálu do nákupu. Výroba 20 projektov ročne, by spoločnosti priniesla 37 400 € z reálneho hľadiska.

Grafické znázornenie bodu zvratu pre optimistické a reálne hľadisko bude uvedené v nasledovnej kapitole.

5.2 Zhodnotenie relevancie dielov a 5-osého obrábacieho centra

Prehľad vyššie uvedených výsledkov pre jednotlivé návrhy optimalizovania zhrnie táto časť.

5.2.1 Relevancia dielov

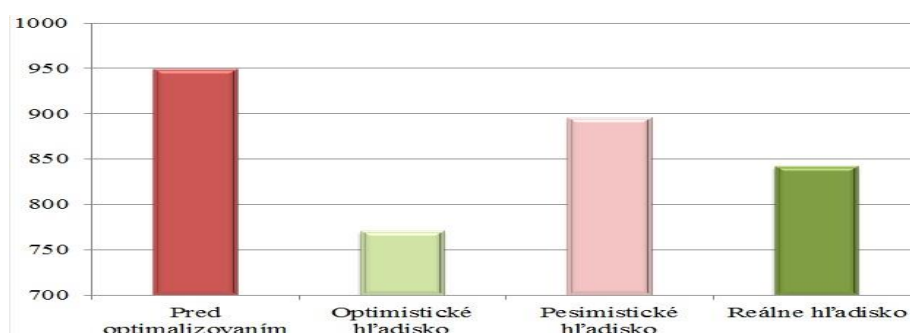
Po aplikovaní tohto optimalizovania sme dostali výsledky, ktoré uvádza nižšie uvedená tabuľka číslo 9. Prehľadné zobrazenie návrhu pred optimalizovaním, optimistickej, pesimistickej a reálnej varianty poskytuje obrázok číslo 37.

Tab. 9: Zhodnotenie návrhu „relevancia dielov“.

Zdroj: Vlastné spracovanie

641 €	Náklady (€)	Prestoje (hodiny)	náklady navyše (€)	šetrenie (€)	šetrenie (%)	navýšenie oproti skutočnosti (%)	produktivita
Pred optimalizovaním	949	55	308	0	0%	48%	62%
Optimistické hľadisko	770,25	27,5	129,25	178,75	58%	20%	77%
Pesimistické hľadisko	895,375	46,75	254,375	53,625	17%	40%	66%
Reálne hľadisko	841,75	38,5	200,75	107,25	35%	31%	70%

Aplikáciou metódy „Relevancia dielov“, je možné dosiahnuť približne 30 % skrátenie prestojov zapríčiňujúcich dodatočné náklady. Z tohto hľadiska tiež vyplýva, že je možné ušetriť približne 35 % kapitálu z dodatočných nákladov.

**Obr. 37: Predikčné náklady po aplikovaní „relevancie dielov“.**

Zdroj: Vlastné spracovanie

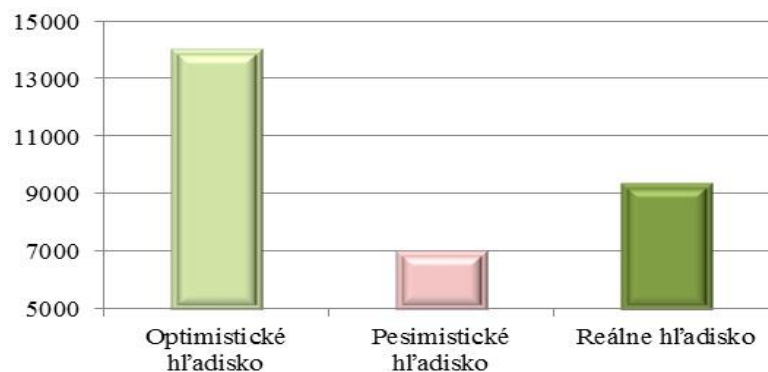
5.2.2 5-osé obrábacie centrum

Nákup zariadenia by eliminoval väčšinu z 9 % chybovosti ľudskej práce, pracoval by rýchlejšie, efektívnejšie a s nižšími nákladmi. Nákupom obrábacieho centra by sa v prvom rade skrátila výrobná doba, ktorú uvádza nižšie uvedený obrázok.

**Obr. 37: „5-osé obrábacie centrum“ návrhom ušetrený čas (hodiny).**

Zdroj: Vlastné spracovanie

Výsledné finančné vyjadrenie ušetrených nákladov jednotlivých variant poskytuje obrázok číslo 38.

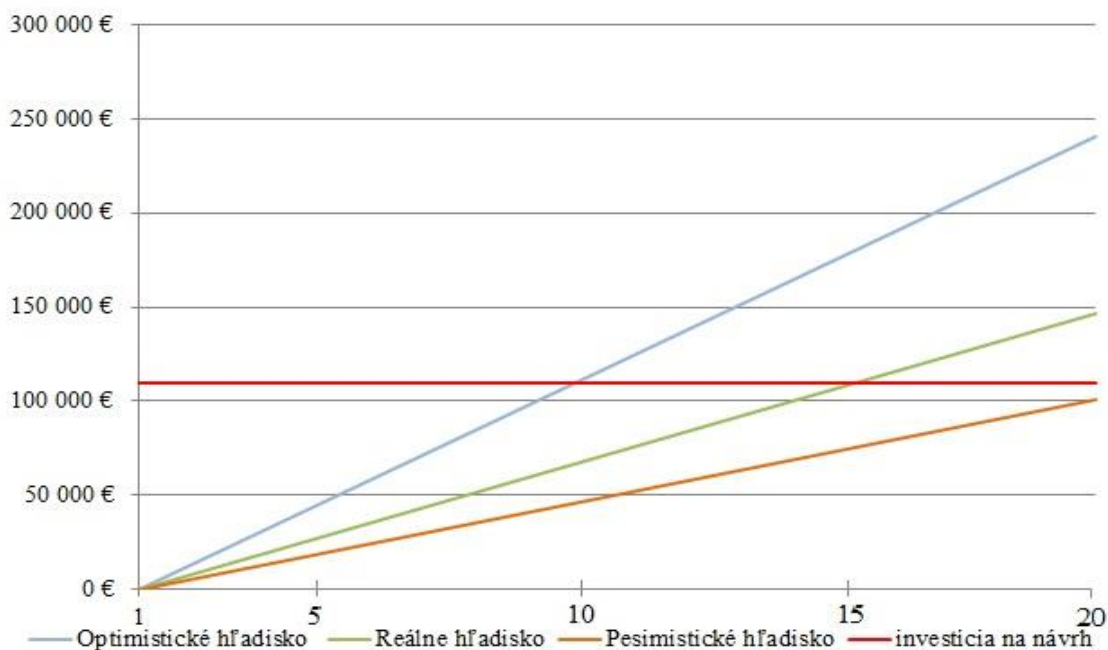


Obr. 38: „5-osé obrábacie centrum“ návrhom ušetrené náklady (€).

Zdroj: Vlastné spracovanie

Bod zvratu pre optimistickú, pesimistickú a reálnu variantu návrhu „5-osé obrábacie centrum“.

Bod zvratu pre optimistické hľadisko (modrá), je určený priesečníkom s vyjadrením výšky nákladov (červená). Priesečník výšky nákladu na nákup zariadenia (červená) s výškou dosiahnutého zisku z reálneho hľadiska (zelená) určuje bod zvratu. Z obrázku tiež vyplýva, že pri ročnom množstve 20 projektov, z pesimistického hľadiska zisky nedosiahnu výšku nákladov na investíciu (hnedá). Na základe výpočtov a z nich dosiahnutých hodnôt je z reálneho hľadiska návrh perspektívny.



Obr. 39: Bod zvratu pre optimistickú, pesimistickú a reálnu variantu návrhu „5-osé obrábacie centrum“ (zisk – náklad).

Zdroj: Vlastné spracovanie

6 Záver

Stanoveným cieľom tejto práce bolo znížiť náklady na určitý výrobný proces, prípadne výrobné procesy, prostredníctvom vhodnej optimalizácie.

Prvá časť práce sa zaoberá predovšetkým zhrnutiu potrebných, teoretických východísk pre efektívne dosiahnutie stanoveného cieľa. Poskytuje prehľad všeobecných pojmov a možných metodík, aplikovateľných na danú problematiku.

Druhá časť predstavuje spoločnosť a produkt, na ktorý budú môcť byť použité nástroje optimalizovania za účelom požadovaného zníženia nákladov. Časť popisuje samotný produkt, priebeh jeho kompletizácie. Výstupná analýza chýb a prestojov poskytla kľúčové informácie pre voľbu vhodných návrhov na zefektívnenie problematických úsekov.

Tretia časť práce je venovaná spracovaniu vhodných návrhov na zlepšenie. Východiskom pre aplikáciu návrhov je technicko-ekonomické zhodnotenie, ktoré priamo poukazuje na dosiahnuté hodnoty. Použitím metódy relevancie dielov, pre ktorú nie je potrebná finančná podpora, sme dosiahli skrátenie prestojov o 30 % a zníženie nákladov o 35 %. Zavedením dodatočnej automatizácie, návrhom zakúpenia 5-osého obrábacieho centra, sme v konečnom dôsledku dosiahli zníženie nákladov o viac než 9 tisíc eur na jeden projekt, na základe zníženia výrobného času o 40 % a zníženia celkového času o takmer 20 %. Návratnosť uvedenej optimalizácie, z reálneho hľadiska vyžaduje výrobu minimálne 15 podobných projektov.

Pre spoločnosť, z pohľadu projektu je primárnym cieľom znížiť výrobné časy, pre zníženie nákladov. Práca poskytuje návrhy, ktorými je možné tieto časy efektívne znížiť.

ZOZNAM POUŽITÝCH ZDROJOV

- [1]. *Výrobný proces* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://www.mf.uniag.sk/e_sources/katsvs/mvs1/01_05_Vyrobnny_proces.pdf
- [2]. KRÁL, Mirko a Antonín ZELENKA. *Projektování výrobních systémů*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1995, 365 s.
- [3]. KRÁL, Mirko, Miloslav VIGNER a Antonín ZELENKA. *Metodika projektování výrobních procesů*. 1. vyd. Praha: SNTL-Nakladatelství technické literatury, 1984, 588 s.
- [4]. *Užitná hodnota* [online]. 31.3.2003 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: http://www.cojeco.cz/index.php?detail=1&id_desc=34108&title=u%9Eitn%E1%20hodnota&s_lang=2
- [5]. MILO, Peter. *Technologické projektovanie v praxi*. 2. dopl. vyd. Bratislava: Alfa, 1990, 399 s.
- [6]. *Projektovanie výrobných systémov* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://fstroj.utc.sk/kpi/krajcovic/pvs/PVS_prednaska4.pdf
- [7]. *Princípy štíhlej logistiky* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: [http://fpedas.uniza.sk/zdal/images/stories/clanky_pdf/cislo_02_09/06_prusa_schacherl .pdf](http://fpedas.uniza.sk/zdal/images/stories/clanky_pdf/cislo_02_09/06_prusa_schacherl.pdf)
- [8]. JUROVÁ, Marie. *Organizace přípravy výroby*. 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2009. ISBN 978-80-214-3946-7.
- [9]. *Metódy riadenia zásob* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: <http://skladovehospodarstvo.webnode.sk/news/metody-riadenia-zasob-metoda-abc-lifo-a-fifo-just-in-time/>
- [10]. *Just-In-Time* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://www.toyota-global.com/company/vision_philosophy/toyota_production_system/just-in-time.html

- [11]. GREGOR, Milan a Ján KOŠTURIAK. *Just-in-time: výrobná filozofia pre dobrý management*. 1. vyd. Elita, 1994, 299 s.
- [12]. ELKINS, Debra, Richard MAREK a Donald SMITH. *Understanding the fundamentals of kanban and conwip pull systems using simulation* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.informs-sim.org/wsc01papers/122.PDF>
- [13]. KOŠTURIAK, Ján. *PQ analýza* [online]. 9.3.2007 [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/cz/ipa-slovník/pq-analyza>
- [14]. *Sankey-diagrams*. [online]. [cit. 2013-05-21]. Dostupné z: <http://www.sankey-diagrams.com/tag/ghg/>
- [15]. BAŽANT, Martin. *Plánovanie experimentov 2. časť* [online]. [cit. 2013-04-30]. Dostupné z: http://bazant.files.wordpress.com/2010/12/04_2_pokracovanie_doe.pdf
- [16]. LORENC, Miroslav. *Ganttův diagram*. [online]. 2007, 2013 [cit. 2013-05-22]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA381/graf-ganttuv-diagram.htm>
- [17]. *Conference Proceedings LOGI 2010* [online]. 19.11.2009 [cit. 22-01-2013] Dostupný z [www http://logi.upce.cz/proceedings/2010.pdf](http://logi.upce.cz/proceedings/2010.pdf)
- [18]. *Procesná organizácia* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://nop.topsid.com/index.php?war=cviceni_1&unit=reseni_prikladu
- [19]. HLAVENKA, Bohumil. *Manipulace s materiálem: systémy a prostředky manipulace s materiálem*. 1. vyd. PC-DIR Real, 2000, 164 s.
- [20]. *Projektovanie informačných tokov* [online]. [cit. 2013-02-10]. Dostupné z: http://fstroj.utc.sk/kpi/krajcovic/pvs/PVS_prednaska7.pdf
- [21]. Utajená časť bakalárskej práce.
- [22]. Utajená časť bakalárskej práce.

ZOZNAM PRÍLOH

PRÍLOHA I :	Meranie nástroja
PRÍLOHA II :	Normotvorba nástroja
PRÍLOHA III :	Grafické znázornenie prestojov a chýb
PRÍLOHA IV :	Layout
PRÍLOHA V :	Predpokladané a reálne odpracované hodiny na projekte

PRÍLOHA I : Meranie nástroja

Horný nástroj		19.50	20:00:36						tA	tC	tB	tAX	t02	tE
1	Priprava na odlievanie													
1.1	dosadenie lôžok	3.25							2:43:38	0:01:52	0:00:00	0:03:22	0:05:00	0:00:00
1.2	vŕtanie diér a obliepenie páskou	2.75							2:21:17	0:16:18	0:00:00	0:00:40	0:02:58	0:00:00
2	Úprava po odliať													
2.1	orezávanie gumy	2							1:48:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:08:00	0:00:00
2.2	čistenie dážok	2.5							2:04:10	0:00:00	0:00:00	0:02:20	0:15:00	0:00:00
3	Montáž horného nástroja	0.5	0:18:43						0:18:43	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:07:00
4	Leštenie komponentov	2	0:30:48	0:43:00	0:25:00				1:38:48	0:03:30	0:00:00	0:00:00	0:05:00	0:00:00
5	Montáž pneumatiky	5.25	2:02:00	2:31:00					4:33:00	0:00:00	0:04:00	0:21:00	0:40:00	1:15:00
6	Montáž záväža a komponentov	1.25							1:00:00					
Dolný nástroj		41.50	45:06:45						16:27:36					
1	Montáž segmentov	2.5	1:03:40	1:00:30					2:04:10	0:16:55	0:05:55	0:13:15	0:05:00	1:01:20
1.1	obrysovanie segmentov	3.5	3:03:00						3:03:00	0:01:00			0:09:00	0:25:00
2	Skladanie komponentov	1.75	1:34:20						1:34:20	0:06:30	0:15:00	0:08:30	0:07:00	0:22:50
3	Montáž komponentov	8.25	3:08:00	1:10:30	2:31:00	0:16:00			7:05:30	0:09:00	0:28:00	0:44:30	0:28:00	0:57:00
4	Montáž snímačov	7	1:28:30	0:25:00	4:00:40				5:54:10	0:24:05	0:01:00	0:19:45	0:11:00	0:42:00
5	Montáž pneumatiky	6.25	5:14:45						5:14:45	0:06:00		0:42:55	0:14:00	
6	Elektroinštalácia	12.25	10:24:20						10:24:20	0:10:15	0:00:10	0:13:25	0:38:10	
Infračervený predohrev		19.50	21:54:24						35:20:15					
1	Montáž dielov	8.5	2:00:00	5:10:00					7:10:00	0:05:00	0:14:00	0:18:05	0:08:00	0:10:00
2	Montáž skrinky na konektory	3	2:32:08						2:32:08	0:01:20	0:04:55	0:02:13	0:01:50	0:05:40
2.1	Ošikovanie konektorov	0.75	0:32:00						0:32:00		0:02:00	0:13:00		0:05:00
3	Montáž emitorov	6	2:31:34	1:21:45	1:07:00				5:00:19	0:18:28		0:45:01	0:23:30	0:40:00
4	Montáž držáku (prípojenie nástroj	0.25	0:10:00						0:10:00					
	IR - dodatočné (zľ posuv IR) *	1	0:48:20						0:48:20			2:03:35		
Sumár									87:01:45	2:02:13	1:15:00	6:11:36	3:41:28	5:50:50
									tA + tC + tB + tAX				t02 + tE	
									77:29:27	68:00:38	9:28:49		9:32:18	

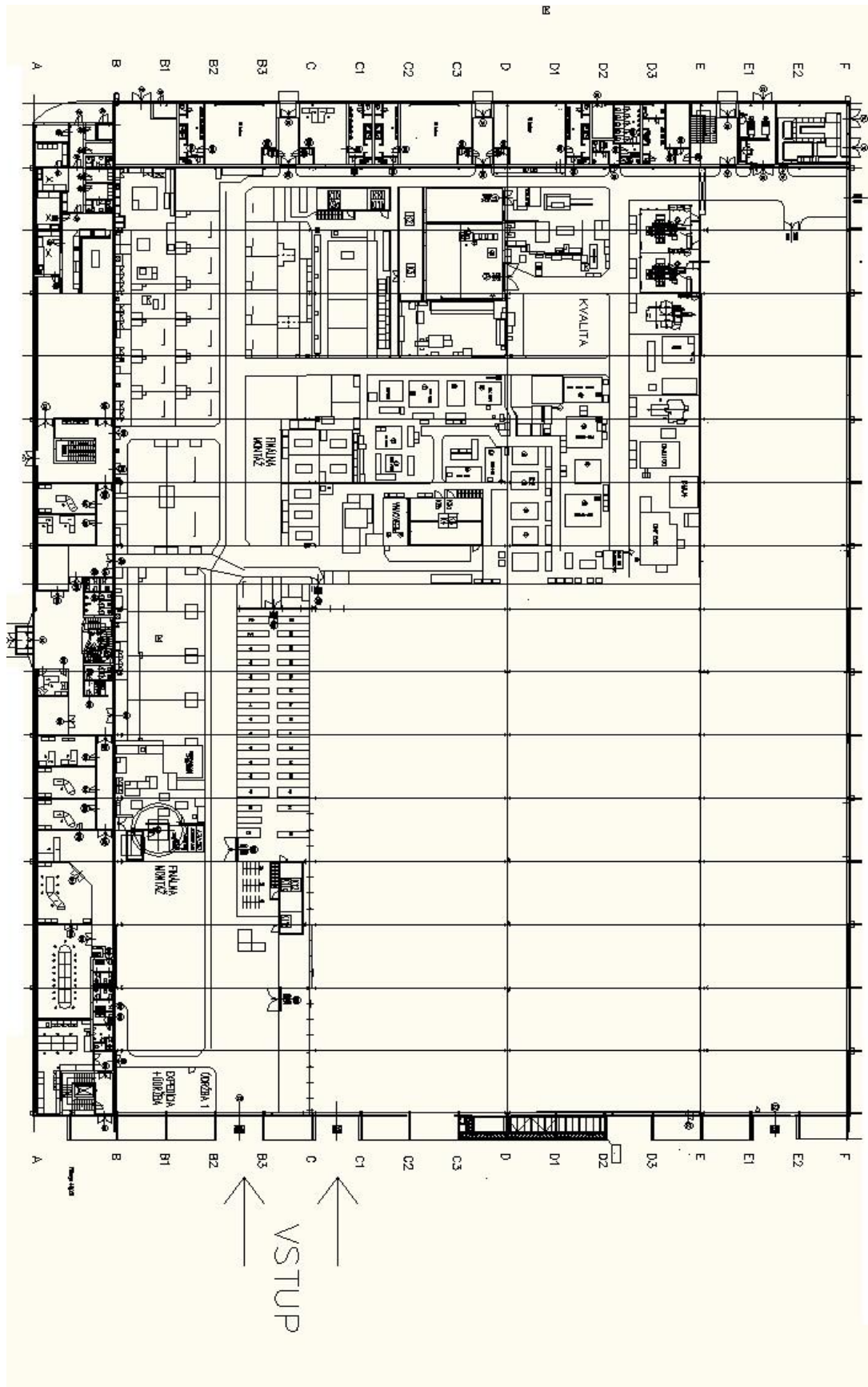
PRÍLOHA II : Normotvorba nástroja

Norma						norma		norma		zaokrhlenie	
						1,17		hodnoty			
Suma časov tA - tE						tA		minúty			
tA	tC	tB	tAX	tO2	tE						
2:43:38	0:01:52	0:00:00	0:03:22	0:05:00	0:00:00	2:53:52	2:43:38	164	191,88	3,20	3,25
2:21:17	0:16:18	0:00:00	0:00:40	0:02:58	0:00:00	2:41:13	2:21:17	142	166,14	2,77	2,75
1:48:00	0:02:00	0:00:00	0:00:00	0:08:00	0:00:00	1:58:00	1:48:00	108	126,36	2,11	2
2:04:10	0:00:00	0:00:00	0:02:20	0:15:00		2:21:30	2:04:10	124	145,08	2,42	2,5
0:18:43	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:00:00	0:07:00	0:25:43	0:18:43	19	22,23	0,37	0,5
1:38:48	0:03:30	0:00:00	0:00:00	0:05:00	0:00:00	1:47:18	1:38:48	99	115,83	1,93	2
4:33:00	0:00:00	0:04:00	0:21:00	0:40:00	1:15:00	6:53:00	4:33:00	273	319,41	5,32	5,25
1:00:00						1:00:00	1:00:00	60	70,2	1,17	1,25
2:04:10	0:16:55	0:05:55	0:13:15	0:05:00	1:01:20	3:46:35	2:04:10	125	146,25	2,44	2,5
3:03:00	0:01:00			0:09:00	0:35:00	3:38:00	3:03:00	183	214,11	3,57	3,5
1:34:20	0:06:30	0:15:00	0:08:30	0:07:00	0:22:50	2:34:10	1:34:20	95	111,15	1,85	1,75
7:05:30	0:09:00	0:28:00	0:44:30	0:28:00	0:57:00	9:52:00	7:05:30	426	498,42	8,31	8,25
5:54:10	0:24:05	0:01:00	0:19:45	0:11:00	0:42:00	7:32:00	5:54:10	355	415,35	6,92	7
5:14:45	0:06:00		0:42:55	0:14:00		6:17:40	5:14:45	315	368,55	6,14	6,25
10:24:20	0:10:15	0:00:10	0:13:25	0:38:10		11:26:20	10:24:20	625	731,25	12,19	12,25
7:10:00	0:05:00	0:14:00	0:18:05	0:08:00	0:10:00	8:05:05	7:10:00	430	503,1	8,39	8,5
2:32:08	0:01:20	0:04:55	0:02:13	0:01:50	0:05:40	2:48:06	2:32:08	153	179,01	2,98	3
0:32:00		0:02:00	0:13:00		0:05:00	0:52:00	0:32:00	32	37,44	0,62	0,75
5:00:19	0:18:28		0:45:01	0:23:30	0:40:00	7:07:18	5:00:19	301	352,17	5,87	6
0:10:00						0:10:00	0:10:00	10	11,7	0,20	0,25
0:48:20			2:03:35			2:51:55	0:48:20	49	57,33	0,96	1
68:00:38	2:02:13	1:15:00	6:11:36	3:41:28	5:50:50						
tA	tC + tB + tAX				tO2 + tE						
68:00:38	9:28:49				9:32:18						
						sučet celkovej normy					
						sučet celkovej normy					
						19,5					
						80,5					

III

Vypracoval: Ivan Novakov

PRÍLOHA IV : Layout



PRÍLOHA V : Predpokladané a reálne odpracované hodiny na projekte

3									
4									
5									
6									
7	2	LA205960					VYDAJ MATERIALU K MONTAZI		
8	10	LA3A0102	200,00	188,11	208,81	8,81	Trieskove obrabanie		
9	11	LA3A0101	162,00	181,50	181,50	19,50	CAM obrabanie		
10	12	LA209421		5,50	9,00	9,00	Strojny zamocnik I.		
11	13	LA3A0102		5,91	12,66	12,66	Dodatocne zmeny-upravy		
12	100	LA6M1001	16,00	11,00	15,00	-1,00	MECH.PROJEKCIA		
13	101	LA6M1001					DOKALKULACIA-MECH.PROJEKCIA		
14	110	LA6M1001	160,00	197,00	197,00	37,00	CAD-MECH.KONŠTRUKCIA		
15	111	LA6M1001	4,00			-4,00	PNEUM.PLÁN-MECH.KONŠTRUKCIA		
16	114	LA6M1001					DOKALKULACIA-MECH.KONŠTRUKCIA		
17	115	LA6M1001	40,00	8,25	57,25	17,25	CAM-MECH.KONŠTRUKCIA		
18	120	LA6M1001					ZMENY		
19	140	LA5M9337	14,00		13,00	-1,00	ZAKAZNICKA DOKUMENTACIA		
20	150	LA5E9343	4,00	11,50	11,50	7,50	EL.PROJEKCIA		
21	160	LA5E9343	4,00	4,00	5,00	1,00	EL.KONŠTRUKCIA		
22	180	LA1M1001	80,00	46,50	94,50	14,50	TOOLING mechan.montaz		
23	181	LA1M1001	16,00			-16,00	TOOL.INSTAL.PNEUMATIKY		
24	183	LA1M1001		13,50	25,50	25,50	MONTÁŽ-Dodatocne zmeny-upravy		
25	190	LA1E9343	24,00	9,30	25,30	1,30	EL.INSTAL.NASTROJA		
26	193	LA1E9343			0,50	0,50	EL.INST.Dodatocne zmeny-upravy		
27	195	LA5E9344					IBN + VBG4		
28			724,00	682,07	856,52	132,52			